

**Über das Verhalten des Hautturgors, der
elektrischen Leitfähigkeit der Haut, der
Schmerzempfindlichkeit und des Achillessehnenreflexes
im wechselnden Feuchtemilieu**

Franz X. Hoffmann

1973

Aus dem Institut für Balneologie und Medizinische Klimatologie der Universität München

Direktor: Professor Dr. med. J. Lissner

Über das Verhalten des Hautturgors, der elektrischen Leitfähigkeit der Haut, der Schmerzempfindlichkeit und des Achillessehnenreflexes im wechselnden Feuchtemilieu

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Franz X. Hoffmann

aus

Bad Tölz

1973

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Dipl. Phys. K. Dirnagl

Prof. Dr. H. Drexel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. J. Lissner

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 26. Juni 1973



INHALT

Seiten Nr.	Seiten	Seite
1	Einleitung	1
2	Einleitung II, Einleitung	2
3	Einleitung III	3
4	Einleitung IV	4
5	Einleitung V	5
6	Einleitung VI	6
7	Einleitung VII	7
8	Einleitung VIII	8
9	Einleitung IX	9
10	Einleitung X	10
11	Einleitung XI	11
12	Einleitung XII	12
13	Einleitung XIII	13
14	Einleitung XIV	14
15	Einleitung XV	15
16	Einleitung XVI	16
17	Einleitung XVII	17
18	Einleitung XVIII	18
19	Einleitung XIX	19
20	Einleitung XX	20
21	Einleitung XXI	21
22	Einleitung XXII	22
23	Einleitung XXIII	23
24	Einleitung XXIV	24
25	Einleitung XXV	25
26	Einleitung XXVI	26
27	Einleitung XXVII	27
28	Einleitung XXVIII	28
29	Einleitung XXIX	29
30	Einleitung XXX	30
31	Einleitung XXXI	31
32	Einleitung XXXII	32
33	Einleitung XXXIII	33
34	Einleitung XXXIV	34
35	Einleitung XXXV	35
36	Einleitung XXXVI	36
37	Einleitung XXXVII	37
38	Einleitung XXXVIII	38
39	Einleitung XXXIX	39
40	Einleitung XL	40
41	Einleitung XLI	41
42	Einleitung XLII	42
43	Einleitung XLIII	43
44	Einleitung XLIV	44
45	Einleitung XLV	45
46	Einleitung XLVI	46
47	Einleitung XLVII	47
48	Einleitung XLVIII	48
49	Einleitung XLIX	49
50	Einleitung L	50

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit gewidmet

INHALT

Kapitel Nr.	Kapitel	Seite
1	EINLEITUNG	1
2	PROBLEMATIK U. FRAGESTELLUNG	2
2.1	Problematik	2
2.2	Fragestellung	3
2.2.3	Literaturhinweis	3
3	MATERIAL UND METHODIK	4
3.1.1	Der Bioklimaraum	4
3.1.2	Die Bedingungen im vorliegenden Versuch	5
3.2	Die Untersuchungsmethoden zur Erfassung der Reaktionen des menschl. Organismus auf den Feuchtegehalt der Luft und dessen Änderungen	9
3.2.1	Hautturgor	9
3.2.2	Elektrodermatometrie	10
3.2.3	Algimetrie	11
3.2.4	Achillessehnenreflex	12
4	ERGEBNISSE	15
4.1	Ergebnisse des Hautturgors	15
4.2	Ergebnisse der Elektrodermatometrie	19
4.3	Ergebnisse der Algimetrie	26
4.4.1	Ergebnisse der Reaktionszeit des Achillessehnenreflexes	33
4.4.2	Ergebnisse der Maximalkontraktionszeit	36
4.4.3	Ergebnisse der Halbrelexationszeit	41

5	DISKUSION	45
5.1	Erste kritischen Überlegungen nach Abschluß der Versuchsreihe	45
5.2	Zur Hautturgormessung	46
5.2.1	Kritik der Methode	46
5.2.2	Zu den Ergebnissen der Hautturgormessung	46
5.3	Zur Elektrodermatometrie	48
5.3.1	Kritik der Methode	48
5.3.2	Zu den Ergebnissen der Elektrodermatometrie	49
5.4	Zur Algimetrie	51
5.4.1	Kritik der Methode	51
5.4.2	Zu den Ergebnissen der Algimetrie	51
5.5	Zum Achillessehnenreflex	53
5.5.1	Kritik der Methode	53
5.5.2	Zu den Ergebnissen des Achillessehnenreflexes	54
6	ZUSAMMENFASSUNG	56
	LITERATURVERZEICHNIS	58

1 EINLEITUNG

Der Einfluß des Wettergeschehens auf Körper und Psyche des Menschen ist heute unbestritten. Auf welche Weise und in welchem Ausmaß das Klima aber auf den Menschen einwirkt, ist auch heute noch weitgehend unbekannt.

Im Rahmen der Arbeiten von Herrn Dipl.-Phys. Karl Dirnagl und Herrn Prof. Dr. med. Heinrich Drexel habe ich mir zur Aufgabe gestellt zu untersuchen, inwiefern bestimmte Funktionen des menschlichen Organismus durch bestimmte Klimakomponenten beeinflußt werden.

Im folgenden soll speziell das Verhalten des Hautturgors, der elektrischen Leitfähigkeit der Haut, der Schmerzempfindlichkeit und des Achillessehnenreflexes im wechselnden Feuchtemilieu untersucht werden.

2 PROBLEMATIK UND FRAGESTELLUNG

2. 1 Problematik

Die Erforschung der Wetterfühligkeit des Menschen gestaltet sich deshalb so schwierig, weil nicht nur ein einzelner Wetterfaktor, sondern der gesamte Komplex Wetter mit seinen zahlreichen Einzelkomponenten gleichzeitig auf den menschlichen Organismus einwirkt, d. h. eine oder mehrere seiner unzähligen Funktionen beeinflusst.

Nach DIRNAGL stehen der meteorobiologischen Forschung grundsätzlich zwei Arbeitsmethoden zur Verfügung: Einmal mittels großer Umfragen und Statistiken Veränderungen am Menschen aufzuzeigen, die in einem zeitlichen und ursächlichen Zusammenhang mit dem natürlichen Wetterablauf stehen oder im Experiment ein künstliches, steuerbares Klima zu erzeugen und nur bestimmte Klimakomponenten auf den menschlichen Organismus einwirken zu lassen und dessen Reaktionen zu untersuchen.

Letzterer Weg wurde erst gangbar durch den Bau eines Bioklimaraumes im Institut für Balneologie und medizinische Klimatologie der Universität in München. In einem ersten Versuch mit dem Bioklimaraum waren bereits Untersuchungsmethoden gefunden worden, die für einen Langzeitversuch geeignet erschienen. Jetzt galt es vor allem, diese Untersuchungsmethoden mit größtmöglicher Genauigkeit anzuwenden und Störfaktoren, die also nicht klimabedingte Reaktionen auslösten, auf ein Minimum zu beschränken. Hierzu war es erforderlich, streng einen genau festgelegten Tagesablauf einzuhalten und alle vermeidbaren physischen und psychischen Streßsituationen der Versuchspersonen auszuschalten. Nur so war eine ausreichende Beantwortung folgender Fragestellung zu erwarten:

2. 2 Fragestellung

- a) Beeinflußt die Luftfeuchte und ihre Änderung bestimmte Funktionen des menschlichen Organismus? Wenn ja:
- b) Inwiefern beeinflusst die Luftfeuchte und ihre Änderung die untersuchten Funktionen?
- c) Sprechen die drei Versuchspersonen in gleicher Weise auf die Luftfeuchte und ihre Änderung an oder sind die Reaktionen individueller Natur?

2. 3 Literaturhinweis

Anstelle des hier üblichen Literaturteiles sei vermerkt, daß über den oben genannten Themenkreis noch wenig gearbeitet wurde und deshalb keine einschlägigen Literaturangaben angeführt werden können. Bemerkungen einzelner Autoren sind in die Diskussion der Versuchsergebnisse eingeflochten.

3 MATERIAL UND METHODDIK

3.1.1 Der Bioklimaraum

Der Langzeitversuch zur Erforschung der Abhängigkeit verschiedener Funktionen des menschlichen Organismus von bestimmten Wetterkomponenten wurde im Bioklimaraum des Institutes für Balneologie und medizinische Klimatologie der Universität München durchgeführt. Der ca. 20 qm große und 3 m hohe Raum ist durch eine Schleuse mit dem Institut und durch ein Kontrollfenster mit einem angrenzenden Meßraum verbunden. Die doppeltürige Schleuse soll die beim Betreten der Kammer entstehenden Störungen des Klimas möglichst klein halten. Um zu vermeiden, daß die Insassen der Kammer durch den optischen Eindruck des Wettergeschehens in der Außenwelt beeinflusst werden, sind die Fenster nach außen abgedunkelt, - auch durch das Kontrollfenster kann nicht nach außen gesehen werden.

Als Tagesbeleuchtung dienen drei indirekt strahlende, in die Fensternischen eingebaute Xenondampflampen, die ein dem Sonnenspektrum ähnliches Licht erzeugen und dessen Helligkeit von außen stufenlos geregelt werden kann. An der Decke der Kammer sind die Lufteinlässe so angebracht, daß man keine Luftströme in der Kammer feststellen und damit keine Klimaänderung unmittelbar wahrnehmen kann. Die Öffnungen für die Abluft sind an den Wänden angebracht. Ebenfalls an der Decke der Kammer befinden sich ein Temperatur- und Feuchtemeßgerät, die über eine Regelautomatik mit der "Klimamaschine" im Keller des Institutes verbunden sind und so Lufttemperatur und Luftfeuchte auf ein bestimmtes Soll einstellen. Auch die Strahlungswärme der Wände kann geregelt werden.

Die Einrichtung der Kammer ist entsprechend der Notwendigkeit als Arbeits-, Wohn- und Schlafräum für drei Personen ausgeführt.

Um den Aufenthalt in der Kammer so angenehm wie möglich zu gestalten und somit die psychische Belastung möglichst klein zu halten, wurden auch ein Fernsehapparat und ein Radio aufgestellt. Eine Toilette und ein Waschraum befinden sich innerhalb der Schleuse.

Die gesamte Kammer ist von einem Metallgitter umgeben, das als Faraday'scher Käfig wirken und die Kammer von elektromagnetischen Strömen abschirmen soll.

Die Registrierstellen für die Meßinstrumente wurden, soweit möglich, in den angrenzenden Meßraum verlegt. Eine Sprechanlage ermöglicht die Verständigung zwischen diesen beiden Räumen.

3.1.2 Die Bedingungen im vorliegenden Versuch

Der Versuch wurde in der Zeit vom 25. Feb. - 26. März 1971 durchgeführt. Während der ersten 5 Tage war es den Versuchspersonen gestattet, den Bioklimaraum zu verlassen, da dieser Zeitraum zur Eingewöhnung und Einübung der Meßtechnik dienen sollte. Auch während der letzten 5 Tage des Versuchszeitraumes konnten die Versuchspersonen die Klimakammer nach Belieben verlassen.

Als Versuchspersonen (VPn) hatten sich drei Medizinstudenten im Alter von 24 bzw. 29 Jahren zur Verfügung gestellt. Das umfangreiche Versuchsprogramm, das sie täglich zu bewältigen hatten, bestand aus einer Vielzahl von Meßungen an Kreislauf, Stoffwechsel, Körpertemperatur, Haut, Reflexgeschehen und einigen psychophysischen Meßungen. Aufgabe des Verfassers war es, die einzelnen Versuche zu koordinieren und die ausserhalb des Bioklimaraumes installierten Meßgeräte zu bedienen sowie die Meßergebnisse zu registrieren.

Um eine optimale Ausschaltung von Störfaktoren wie z. B. außergewöhnliche psychische und physische Belastungen der Versuchspersonen, ein veränderter Tagesablauf oder Unregel-

mäßigkeiten bezüglich der Verpflegung zu erreichen, wurde folgender Tagesplan aufgestellt und mit einer Genauigkeit von ± 5 Minuten eingehalten:

Um 6³⁰ Uhr Wecken, Einschalten der Xenondampflampen,
 7⁰⁰ Uhr Frühstück,
 7³⁰ Uhr Beginn der ersten Meßreihe,
 9⁰⁰ Uhr Ende der Meßreihe, kleiner Imbiß,
 10⁰⁰ Uhr Beginn der zweiten Meßreihe, Ende 11³⁰ Uhr,
 12⁰⁰ Uhr Mittagessen,
 13⁰⁰ Uhr Beginn der dritten Meßreihe, Ende 14³⁰ Uhr,
 15⁰⁰ Uhr Kaffeepause,
 15³⁰ Uhr Beginn der vierten Meßreihe, Ende 17⁰⁰ Uhr,
 17³⁰ Uhr Abendessen,
 18³⁰ Uhr Beginn der fünften Meßreihe, die um
 20⁰⁰ Uhr mit dem Erlöschen der Xenonlampen beendet war.

Der Zeitraum von 20⁰⁰ - 22³⁰ Uhr blieb bei normaler Zimmerbeleuchtung durch zwei Leuchtstoffröhren zur individuellen Gestaltung frei. (Fernsehen, Unterhaltungsspiele, Musik).
 Um 22³⁰ Uhr Bettruhe.

Auch innerhalb einer Meßreihe wurde eine genau Reihenfolge der Versuche eingehalten. Desgleichen wurde in Anbetracht der unterschiedlichen manuellen Techniken der Versuchspersonen streng darauf geachtet, daß die einzelnen Messungen stets von den gleichen Personen an den gleichen Personen vorgenommen wurden.

Die Meßergebnisse wurden unmittelbar an die Messung in vorgefertigte Protokoll-Listen eingetragen und später auf Lochkarten abgelocht.

Die Raumlufttemperatur wurde während des gesamten Versuchszeitraumes weitgehend konstant gehalten und änderte sich nur im Bereich eines natürlichen Tagesablaufes. Sie lag zwischen 21°C und 22°C und bewegte sich damit in dem von REINDERS genannten Bereich der Behaglichkeit. Die Schwankungen über den gesamten Versuchszeitraum waren so gering, daß sie bei der Auswertung vernachlässigt werden können.

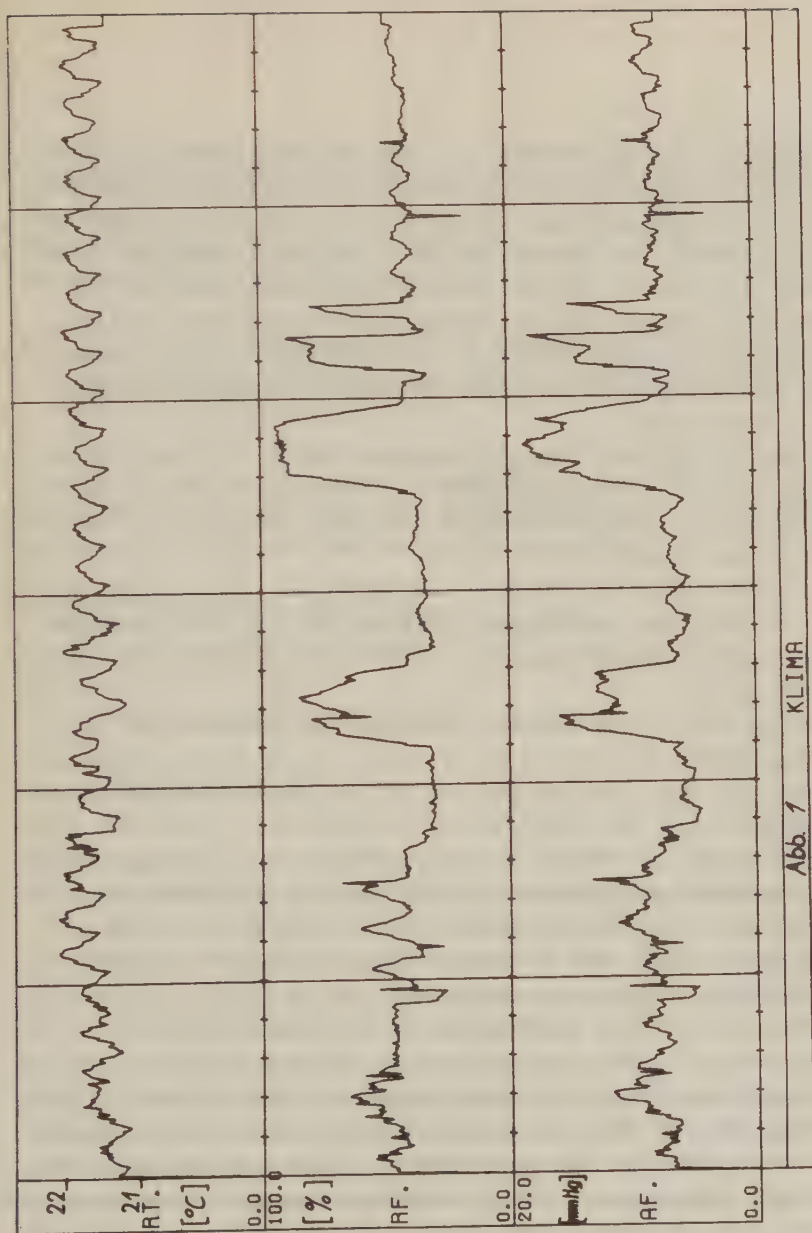


Abb. 1 KLIMA

Die Raumluftfeuchte änderte sich wie die Temperatur im intradiurnen Gang entsprechend den natürlichen Bedingungen im Tagesverlauf. Darüberhinaus wurde aber während des gesamten Versuchszeitraumes die Luftfeuchte mehrere Male erheblich verändert; der Einfluß der Luftfeuchte und ihrer Änderung bei Konstanthaltung der übrigen biotropen Klimafaktoren auf den menschlichen Organismus sollte ja untersucht werden. Deshalb wurde der Versuchszeitraum von 30 Tagen in folgende Feuchtephasen eingeteilt:

Eine erste Phase mit nahezu konstanter mittlerer Luftfeuchte vom 1. - 8. Tag. Der Dampfdruck lag dabei um 8,5 Torr, das entspricht bei einer Temperatur von 21°C einer relativen Luftfeuchte von etwa 54,5 %.

Eine zweite Phase mit konstant erniedrigter Luftfeuchte vom 9. - 11. Tag. Der Dampfdruck lag dabei um 5,6 Torr, entsprechend einer relativen Feuchte von 32 % bei einer Raumtemperatur von 21°C .

Es folgte eine Phase konstant erhöhter Luftfeuchte vom 12. - 13. Tag. Dabei betrug der Dampfdruck etwa 12,5 Torr, das entspricht bei einer Temperatur von 21°C einer relativen Feuchte von 70 %.

Vom 14. - 18. Tag folgte entsprechend der zweiten Phase eine Phase konstant erniedrigter Luftfeuchte. (Dampfdruck 6,3 Torr, entsprechend einer relativen Feuchte von 38 % bei 21°C).

Daran schloß sich eine fünfte Phase mit konstant erhöhter Luftfeuchte entsprechend der dritten Phase an: Dampfdruck 16,1 Torr, oder 92,7 % relative Feuchte bei 21°C .

In der zweiten Hälfte des 20. Tages sank die Feuchte wieder ab und erreichte am 21. Tag einen Dampfdruck von 6,7 Torr.

Die Tage 22 und 23 zeigen große intradiurne Feuchteschwankungen: Am Morgen lag ihr Dampfdruck bei 14,5 Torr, am Abend bei 7,6 Torr, entsprechend einer relativen Feuchte von 78 % bzw. 48,5%. Der Versuchszeitraum endete mit einer 7-tägigen Phase ernie-

drigter Feuchte. Der Dampfdruck betrug dabei 7,6 Torr, entsprechend einer relativen Feuchte von 48,5 % bei einer Raumtemperatur von 21° C.

Den Versuchspersonen waren die klimatischen Verhältnisse und deren Änderungen nicht bekannt.

3.2 Die Untersuchungsmethoden zur Erfassung der Reaktionen des menschlichen Organismus auf den Feuchtegehalt der Luft und dessen Änderungen

Über folgende vier Untersuchungsmethoden, die täglich fünf Mal an jeder VP über den gesamten Versuchszeitraum durchgeführt wurden, soll im Folgenden berichtet werden:

- a) Messung des Hautturgors (HTU)
- b) Elektrodermatometrie (EDM)
- c) Algimetrie (ALG)
- d) Achillessehnenreflex (ACHR)

3.2.1 Hautturgor (HTU)

Unter dem Begriff Hautturgor versteht man den Gewebswasserdruck der Haut und der Unterhaut; er ist abhängig vom Wassergehalt sowohl der Zellen als auch der Zellzwischenräume der Haut. In erster Linie ist der HTU Ausdruck der Wasserbilanz des Körpers. Im vorliegenden Versuch wurde der HTU gemessen als Verkürzung einer Spiralfeder, die über einen kleinen Stempel von ca. 2 mm Durchmesser mit konstantem Druck auf die Hautoberfläche gesetzt wurde. Die Federverkürzung wurde an einer Mikrometerschraube mit einer Genauigkeit von 1/100 mm abgelesen. Um zu vermeiden, daß der Spannungszustand der Haut durch darunterliegende Muskulatur verändert wurde, diente zur Bestimmung des HTU eine muskelfreie Stelle am Schädel, sie lag zwischen den beiden Ansätzen des m. frontalis etwa 3 cm oberhalb der Nasenwurzel.

3.2.2 Elektrodermatometrie

Mit der Elektrodermatometrie wurde die elektrische Leitfähigkeit der Haut bestimmt. Dazu wurden zwei etwa 5-Markstück große Elektroden auf die Haut aufgesetzt und mit einer Gleichstromquelle konstanter Spannung verbunden. Die an einem Amperemeter abgelesene Stromstärke wurde protokolliert.

Um einen optimalen Kontakt zwischen Hautoberfläche und Elektroden herzustellen, waren diese mit Mull umwickelt und mit physiologischer Kochsalzlösung getränkt worden.

Dadurch, daß die Elektroden stets mit annähernd konstantem Druck auf die Haut aufgesetzt wurden und erst drei Sekunden danach die Stromstärke abgelesen wurde, war eine nahezu gleichbleibende Durchtränkung des stratum corneum der Haut mit NaCl-Lösung gewährleistet.

Zwischen folgenden Punkten wurde die elektrische Leitfähigkeit der Haut gemessen: Rechter und linker Unterarm, etwa 5 cm unterhalb der Ellenbeuge und rechter und linker Handrücken, nahe der Handwurzel.

Der Mittelwert aus den zwei Meßergebnissen ist in seinem zeitlichen Verlauf während der 30 Tage in der Abb. 5 dargestellt.

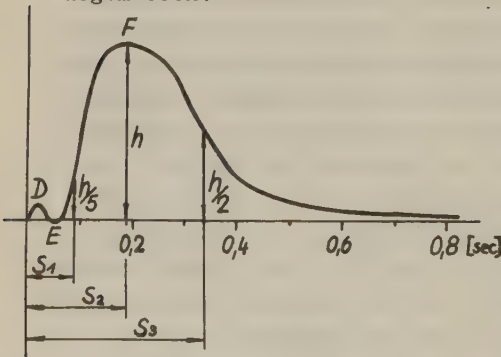
3.2.3 Algimetrie (ALG)

Die Schmerzempfindlichkeit wurde mit einem von DINAGL entwickelten Algimeter gemessen. Das Gerät besteht aus einem mit einer Hartgummispitze versehenen Druckstempel von 8 mm Durchmesser, der sich gegen den Widerstand einer Stahlfeder in den Gehäuseteil des Algimeters eindrücken läßt. Dabei wird gleichzeitig eine Induktionsspule in ein Wechselstromfeld vorgeschoben und der entsprechend der Eindringtiefe in das elektrische Feld entstehende Induktionsstrom kann mittels eines Amperemeters gemessen werden.

Die Abhängigkeit der Schmerzschwelle vom Feuchtegehalt der Luft und dessen Änderungen sollte untersucht werden. Aus organisatorischen Gründen mußten die VPn die Druckschmerzempfindlichkeit im Bioklimaraum gegenseitig aneinander messen und registrieren. An folgenden drei Punkten wurde die Schmerzempfindlichkeit bestimmt: In der Mitte der dorsalen Handwurzel, an der Medianlinie des Sternums in Höhe des 3. Inter-costalraumes und an der Tibiakante. Diese Stellen scheinen deshalb geeignet, weil hier das Unterhautgewebe dünn ist und somit der Druck fast unmittelbar auf das schmerzempfindliche Periost ausgeübt wird. Um eine Druckschädigung des Gewebes möglichst zu vermeiden, wurden pro Meßzeit und Meßstelle nur eine Meßung durchgeführt. Dies geschah in der Weise, daß mit dem Algimeter auf die betreffende Meßstelle ein zunehmender Druck ausgeübt wurde, bis dieser von der VP als Schmerzempfindung geäußert wurde. Der dieser Druckhöhe entsprechende Zeigerausschlag auf dem Amperemeter wurde in Skalanteilen (Skt) abgelesen und protokolliert. Der aus den Ergebnissen der drei Meßstellen gebildete Mittelwert ist in seinem zeitlichen Verlauf über die 30 Versuchstage in der Abb. 7 wiedergegeben.

3.2.4 Achillessehnenreflex (ACHR)

Die Abhängigkeit des Achillessehnenreflexes von den klimatischen Verhältnissen im Bioklimaraum wurde folgendermaßen untersucht: Der Ausschlag der Plantarflexion des Fußes wurde in seinem zeitlichen Ablauf mittels des Photomotographen "Burdick" objektiviert und über einen EKG-Schreiber aufgezeichnet. Um eine gleichbleibende Intensität des Hammerschlages zu gewährleisten, schlug der Hammer über eine mechanische Vorrichtung stets aus gleicher Höhe mit seinem Eigengewicht auf die Achillessehne auf. Da die ersten zwei Reflexe häufig deformiert waren, was durch ungenaue Lokalisation des Hammerschlages oder mangelnde Entspannung der VP verursacht war und man erkannt hatte, daß die Reflexzeiten sich von Schlag zu Schlag verkürzten, wurden jeweils der dritte, vierte und fünfte Reflex ausgemessen und der Mittelwert daraus gebildet. Die Kurven des Reflexes wurden nach folgenden Gesichtspunkten ausgemessen:



h : in die Kurve einzeichnen und ausmessen

$\frac{h}{5}, \frac{h}{2}$: aus h berechnen und in die Kurve einzeichnen

$s_1(ASA), s_2(ASB), s_3(ASC)$: ausmessen

Bei einem Papiervorschub des EKG-Schreibers von 100 mm/sec entspricht 1 mm einer Zeit von $1/100$ sec.

Die D-Zacke entspricht der unmittelbar durch den Hammerschlag ausgelösten Plantarflexion von VP, die E-Zacke ist als elastisches Zurückschnellen des Fußes über die Ausgangslage hinaus

zu verstehen und die F-Zacke gibt uns den Zeitpunkt der maximalen Kontraktion des Wadenmuskel an.

Da man also den genauen zeitlichen Beginn der reflektorischen Kontraktion des m. gastrocnemius ebensowenig exakt aus der Kurve ablesen kann wie den Zeitpunkt der vollständigen Relaxation (-der sich entspannende Muskel nähert sich seiner Ruhelage asymptotisch), wurde die Reaktionszeit aus ASA (gebildet aus $h/5$) abgeleitet und anstatt der Relaxationszeit die Halbreaxationszeit ASC (gebildet aus $h/2$) bestimmt.

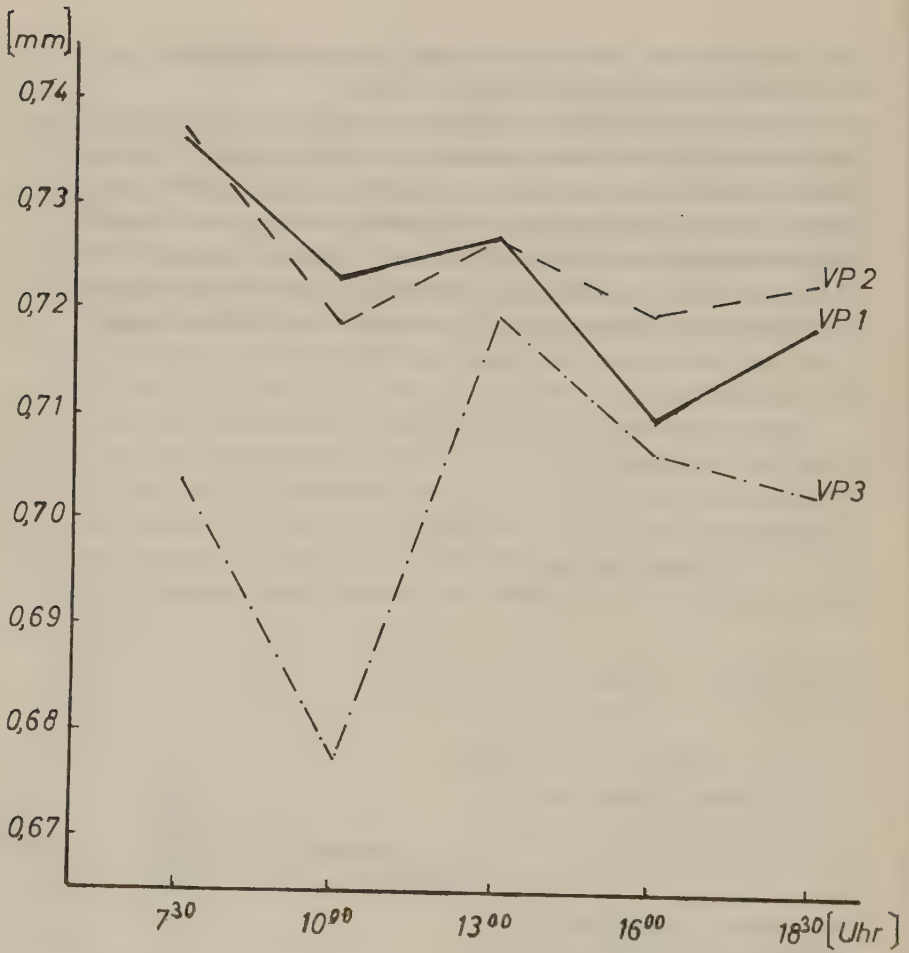


Abb. 2 Durchschnittlicher Tagesgang des HTU

4 ERGEBNISSE

4.1 Ergebnisse des Hautturgors (HTU)

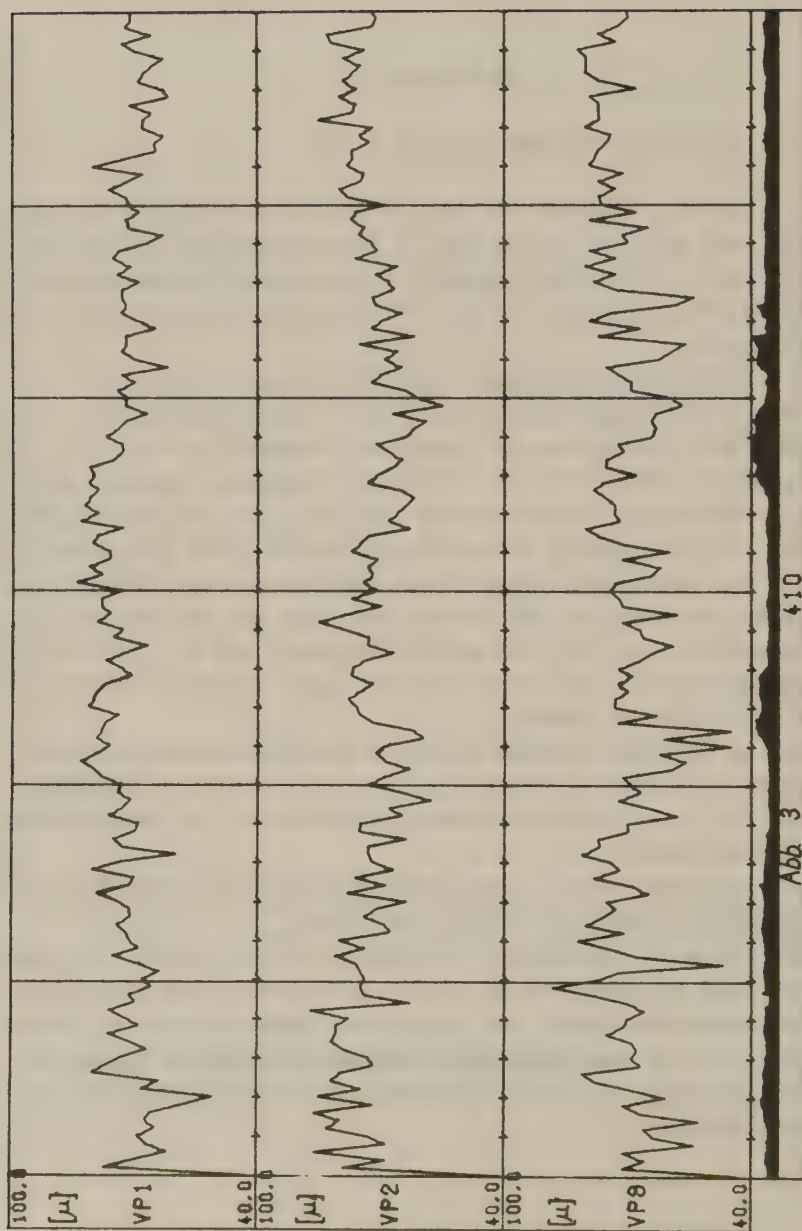
Der aus den 30 Tagen errechnete durchschnittliche Tagesverlauf des HTU ist in der Abb. 2 dargestellt. Er weicht bei allen drei VP von den tatsächlich gemessenen Tagesverläufen so häufig ab, daß man des HTU auf keine Tagesperiodizität schließen kann.

Die Betrachtung der Abb. 3 ergibt folgenden Sachverhalt: Für VP 1 ist eine Beziehung zwischen dem Feuchtegehalt der Luft und dem Hautturgor erkennbar insofern, als während der trockenen Tage 9-11 und 14-18 eine steigende Tendenz des Gesamtkurvenverlaufes zu beobachten ist. Der für die trockenen Tage 24-30 wiederum erwartete steigende Trend ist bereits am 23. Tag erkennbar, dauert aber, abgesehen von einem kurzzeitigen Absinken des HTU am 25. Tag, nur bis zum 27. Tag an. Umgekehrt zeigt der Gesamtkurvenverlauf von VP 1 vom 12.-14. Tag und vom 18.-22. Tag, also an Tagen mit hoher Luftfeuchte, einen fallenden Trend.

Der am 27. Tag beginnende Abfall des HTU-Kurvenverlaufes dürfte mit der an diesem Tag begonnenen "offenen Klausur" und der erwartenden Entlassung der VPn aus dem Bioklimaraum zusammenhängen.

Die Amplituden der intradiurnen Tagesschwankungen ändern sich unabhängig vom Feuchtegehalt der Luft.

Das bei VP 1 beobachtete Ansteigen des HTU während trockener Tage und Absinken des HTU während feuchter Tage könnte als Kompensationsversuch des Organismus gedeutet werden, durch Änderung des extrazellulären Elektrolytgehaltes einem Austrocknen bzw. einer Überwässerung des kutanen Gewebes entgegenzuwirken.



Für VP 2 trifft oben gefundene Gesetzmäßigkeit nicht zu. Vom 5. - 12. Tag fällt ein stark fallender Trend des Gesamtkurvenverlaufes auf. Die Abnahme der Luftfeuchte am 8. - 10. Tag beeinflußt dieses Geschehen nicht.

Der rapide Anstieg des HTU vom 12. auf den 13. Tag und weiter vom 14. auf den 15. Tag könnte als Reaktion auf den hohen Feuchtegehalt der Tage 12 und 13 gedeutet werden. Dagegen spricht allerdings die Tatsache, daß der am 16. Tag begonnene fallende Trend des Gesamtkurvenverlaufes bis zum 20. Tag andauert, die Luftfeuchte aber bereits am 19. und 20. Tag ein neues Maximum erreicht hat.

Desgleichen läßt die am Ende des 23. Tages eingesetzte Trockenperiode den Gesamtkurvenverlauf unbeeinflußt; er zeigt vom 20. - 28. Tag einen steigenden Trend. Vom 28. - 30. Tag bewegt sich der HTU um einen annähernd gleichbleibenden Mittelwert. Die Amplitudengröße der intradiurnen Tagesschwankungen steht wie bei VP 1 in keinem zeitlichen Zusammenhang mit dem Feuchtegehalt der Luft.

Somit läßt sich für VP 2 eine Korrelation zwischen HTU und Luftfeuchte unmittelbar nicht feststellen.

Die Kurve vom zeitlichen Verlauf des HTU von VP 3 zeigt während der ersten 5 Tage einen steigenden Trend, der auf die Eingewöhnungszeit und die "offene Klausur" zurückzuführen sein dürfte. Abgesehen von einem kurzzeitigen Absinken am 6. Tag bewegt sich der HTU vom 5. - 8. Tag um einen annähernd konstanten Mittelwert. Dieser sinkt mit Beginn der ersten Trockenperiode am 9. Tag bis zum Beginn der Feuchteperiode am 12. Tag ab und steigt mit Zunahme der Luftfeuchte wieder rapide an. Da die Tagesmittelwerte mit Beginn der zweiten Trockenperiode am 14. Tag wieder etwas abnehmen, ist man geneigt, bei VP 3 auf eine Korrelation zwischen Luftfeuchte und HTU zu schließen, dergestalt, daß mit Abnahme der Luftfeuchte der Hautturgor abnimmt und eine Zunahme der Feuchte eine Erhöhung des Hautturgors bewirkt.

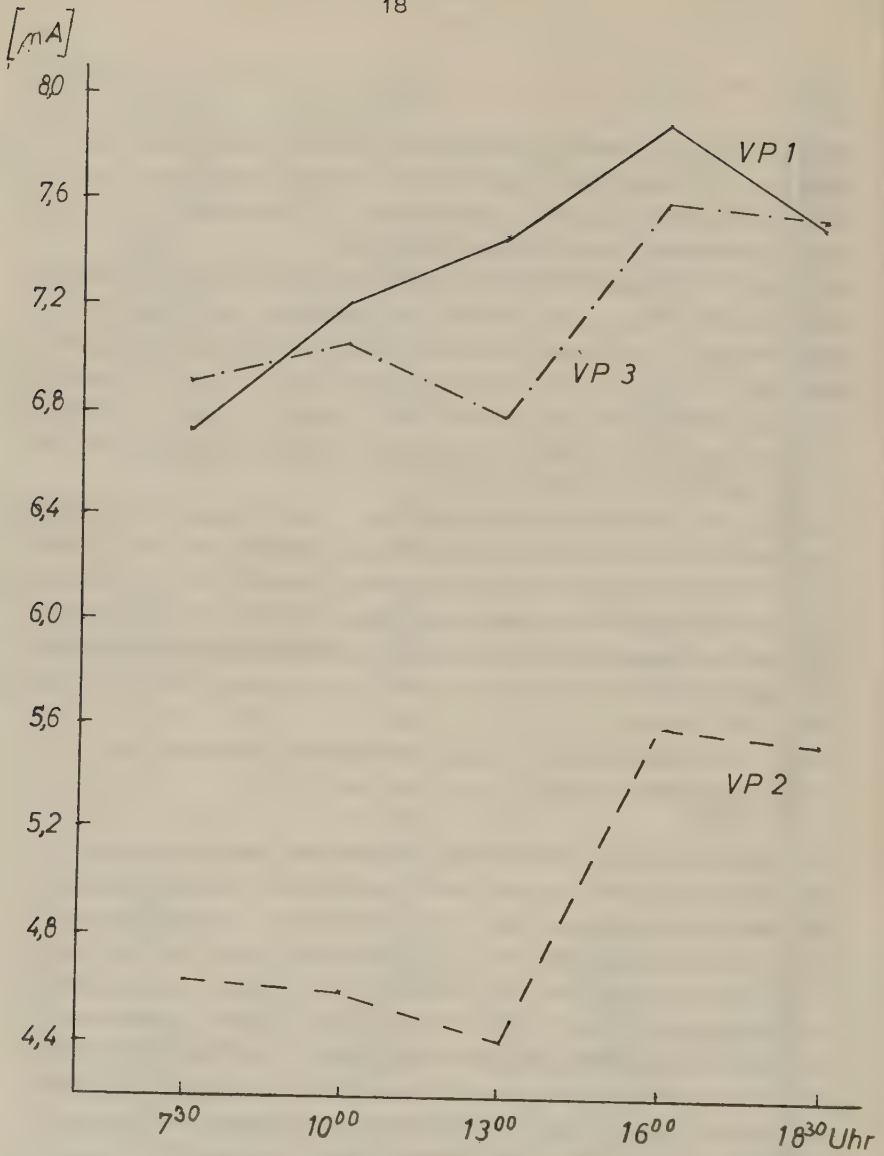


Abb. 4 Durchschnittlicher Tagesgang der EDM

Diese zunächst angenommene Wechselbeziehung schlägt aber mit Beginn der zweiten Feuchteperiode genau ins Gegenteil um, sodaß nun ein hoher Feuchtegehalt der Luft eine Verminderung des HTU zur Folge hat und umgekehrt eine Abnahme der Luftfeuchte eine Erhöhung des Hautturgors bewirkt.

Damit zeigt VP 3 während der zweiten Hälfte des Versuchszeitraumes ein ähnliches Verhalten wie VP 1, während der ersten Hälfte aber ein zu VP 1 konträres Verhalten.

4.2 Ergebnisse der Elektrodermatometrie (EDM)

VP 1 zeigt folgenden, aus den 30 Tagen ermittelten durchschnittlichen Tagesrhythmus: Von einem niedrigsten Morgenwert steigt die elektr. Leitfähigkeit bis zum Vormittag relativ steil, bis zum Mittag etwas flacher an und erreicht am Nachmittag nach erneut steilem Anstieg ihr Maximum.

Bis zum Abend sinkt sie geringfügig ab auf einen Wert, der etwas höher liegt als der Mittagswert. (Vergl. Abb. 4.)

Ein Vergleich dieses durchschnittlichen Tagesrhythmus mit jedem einzelnen Tagesablauf läßt erkennen, daß das stetige

Ansteigen der elektr. Leitfähigkeit bis zum Nachmittag durchaus nicht so häufig gegeben ist. Auffällig ist aber die Tatsache, daß in Übereinstimmung mit dem durchschnittlichen Tagesrhythmus der Morgenwert stets niedriger als der Abendwert des vorausgegangenen Tages. Eine Ausnahme hiervon bilden nur die Tage 5/6, 10/11, 13/14, 20/21, 25/26. Da, abgesehen vom 10. Tag, an eben diesen Tagen die Luftfeuchte abnimmt, läßt sich für VP 1 folgender Zusammenhang zwischen Luftfeuchte und elektr. Leitfähigkeit der Haut vermuten:

Bei plötzlichem Feuchtigkeitsabfall der Luft erfolgt eine Änderung des Tagesrhythmus dahingehend, daß die elektr. Leitfähigkeit der Haut nicht wie sonst vom Abend zum Morgen abfällt, sondern ansteigt.

VP 2 zeigt an den meisten Tagen einen ähnlichen Tagesgang wie VP 1. Auch hier liegen an den meisten Tagen die Abendwerte der elektr. Leitfähigkeit höher als die darauffolgenden Morgenwerte. Ausnahme hiervon bilden die Tage 2/3, 6/7, 10/11, 11/12, 12/13, 18/19, 23/24, 25/26. Eine diesbezügliche Korrelation zur Luftfeuchte scheint nicht zu bestehen, allenfalls dürften noch die Rhythmusänderungen der Tage 11/12, 12/13, 18/19, 23/24, und 25/26 mit Änderungen der Luftfeuchte zusammenhängen; weshalb der Feuchteabfall vom 13. auf den 14. Tag und die starken Feuchteschwankungen an den Tagen 20, 21, 22, keine derartigen Abweichung vom Tagesrhythmus zeigen, bleibt offen.

VP 3 weist einen ähnlichen durchschnittlichen Tagesrhythmus mit niedrigen Morgen- und hohen Abendwerten auf wie VP 1 und VP 2. An den Tagen 2/3, 4/5, 6/7, 11/12, 22/23, 23/24, 25/26, 26/27, 27/28, liegt jedoch der Morgenwert über dem vorausgegangenen Abendwert. Eine Beziehung zwischen diesen Rhythmusänderungen und dem Feuchtegehalt der Luft ist nicht erkennbar.

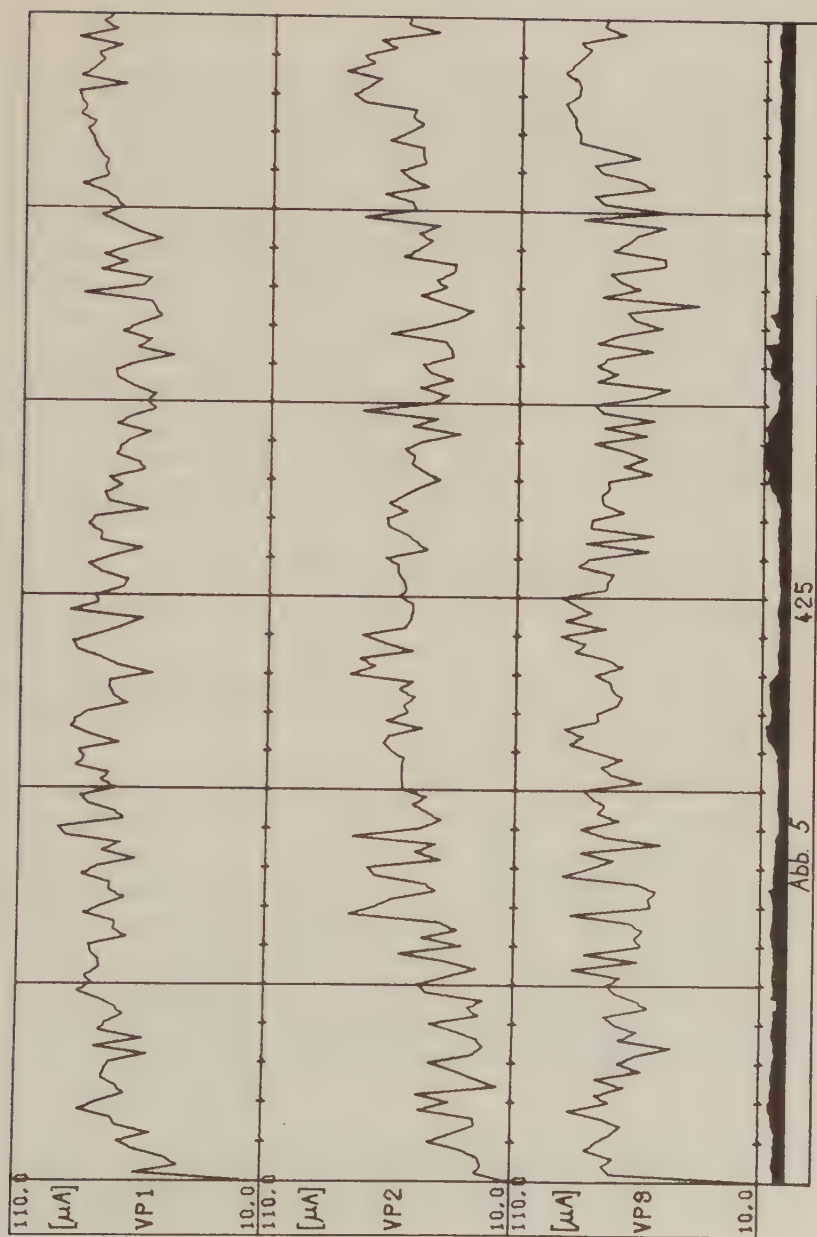


Abb. 5

Ein Vergleich des Gesamtkurvenverlaufes der elektr. Leitfähigkeit der Haut über 30 Tage mit dem Raumwassergehalt und dessen Änderungen ergibt für VP 1 folgenden Sachverhalt: Die Kurve vom zeitlichen Verlauf der EDM von VP 1 zeigt bis zum 5. Tag bei leicht steigendem Trend große Tagesschwankungen, die mit der bis dahin offenen Klausur zusammenhängen dürften. Am Ende des 5. Tages zeigt die elektr. Leitfähigkeit ein Maximum, das als Reaktion auf den kurzzeitigen Feuchteabfall des gleichen Tages gedeutet werden kann. Bei gleichbleibender mittlerer Feuchte bewegt sich die elektr. Leitfähigkeit mit konstantem Tagesgang vom 6. - 8. Tag um einen gleichbleibenden Mittelwert und steigt mit absinkender Feuchte am Ende des 9. Tages auf ein zweites Maximum an. Während der 1. Feuchteperiode, also am 12. und 13. Tag, sinkt die elektr. Leitfähigkeit rapide ab und erreicht am Abend des 13. Tages ein erstes Minimum. Desgleichen ist während der zweiten Feuchteperiode am 19. und 20. Tag ein Absinken der elektr. Leitfähigkeit der Haut zu beobachten, ebenso während der Feuchtegipfel der Tage 22 und 23. Sie erreicht am 22. Tag ein absolutes Minimum (-abgesehen von dem Minimum des 1. Tages). Mit Beginn der zweiten Trockenperiode, also am 14. Tag, steigt die elektr. Leitfähigkeit unmittelbar steil an, auch am trockenen 21. Tag nimmt sie leicht zu. Ebenso ist vom Beginn der dritten Trockenperiode bis zum 28. Tag ein steigender Trend des Gesamtkurvenverlaufes zu erkennen. Bis zum 30. Tag bewegt sich die Kurve der EDM um einen gleichbleibenden Mittelwert. Für VP 1 ergibt sich somit folgende Gesetzmäßigkeit: Während einer Periode relativ hoher Luftfeuchte sinkt die elektr. Leitfähigkeit der Haut ab; ein Abfall der Luftfeuchte wird mit einem Anstieg der elektr. Leitfähigkeit beantwortet.

Für VP 3 scheint eine ähnliche Gesetzmäßigkeit zu bestehen wie für VP 1, denn auch sie weist einen kurzzeitigen Anstieg

der elektr. Leitfähigkeit nach dem Feuchteabfall des 5. Tages und einen Abfall derselben während der 1. Feuchteperiode am 12. und 13. Tag auf, allerdings jeweils mit einer Verspätung von einem halben Tag. Desgleichen folgt auf den Feuchteabfall vom 13. zum 14. Tag eine Zunahme der elektr. Leitfähigkeit der Haut, ebenfalls mit einer Phasenverschiebung von einem halben Tag.

Der Feuchteabfall vom 8.-10. Tag zeigt jedoch keine Erhöhung elektr. Leitfähigkeit.

Bedingt durch den fallenden Trend des Gesamtkurvenverlaufes vom 15.-19. Tag kommt der für die Tage 19 und 20 erwartete Abfall der EDM nicht so stark zum Ausdruck, dagegen haben die Feuchtegipfel der Tage 22 und 23 ein deutliches Absinken der EDM zur Folge.

Während der dritten Trockenperiode nimmt die elektr. Leitfähigkeit, der bei VP 1 gefundenen Gesetzmäßigkeit folgend, wieder zu.

Anders hingegen verhält sich VP 2. Nach relativ großen Tagesschwankungen um einen gleichbleibenden Mittelwert zeigt die Kurve der EDM von VP 2 vom 5.-7. Tag einen leicht steigenden Trend; am 7. Tag steigt die Kurve plötzlich steil an, obwohl der Feuchtegehalt der Luft unverändert geblieben ist. Der Feuchteabfall vom 8. bis Ende 9. Tages scheint sich dahingehend auf die elektr. Leitfähigkeit auszuwirken, daß diese vom 9. zum 10. Tag ebenfalls abfällt. Vom 10.-13. Tag bewegt sich die Kurve der EDM mit kleinen Tagesschwankungen um einen gleichbleibenden Mittelwert. Ihr Anstieg am Ende des 13. Tages könnte durch die Feuchteperiode der Tage 12 und 13, ihr Absinken am 15. Tag durch die am 14. Tag begonnene Trockenperiode verursacht sein.

Diese scheinbare direkte Proportionalität zwischen der elektr. Leitfähigkeit der Haut und der Luftfeuchte schlägt mit Beginn der zweiten Feuchteperiode genau ins Gegenteil um. Jetzt

zeigt VP 2, von einer kleinen Ausnahme am 20. Tag abgesehen, ein ähnliches Verhalten wie VP 1 und VP 3, d.h. Abnahme der elektr. Leitfähigkeit der Haut bei steigender Luftfeuchte und umgekehrt Abnahme des Hautwiderstandes an Tagen geringer Luftfeuchte.

Zwischen der Amplitudenbreite der intradiurnen Tagesschwankungen und dem Feuchtegehalt der Luft ist bei allen drei VP keine Korrelation erkennbar, nur VP 1 zeigt nach Feuchteperioden eine Vergrößerung dieser Amplituden.

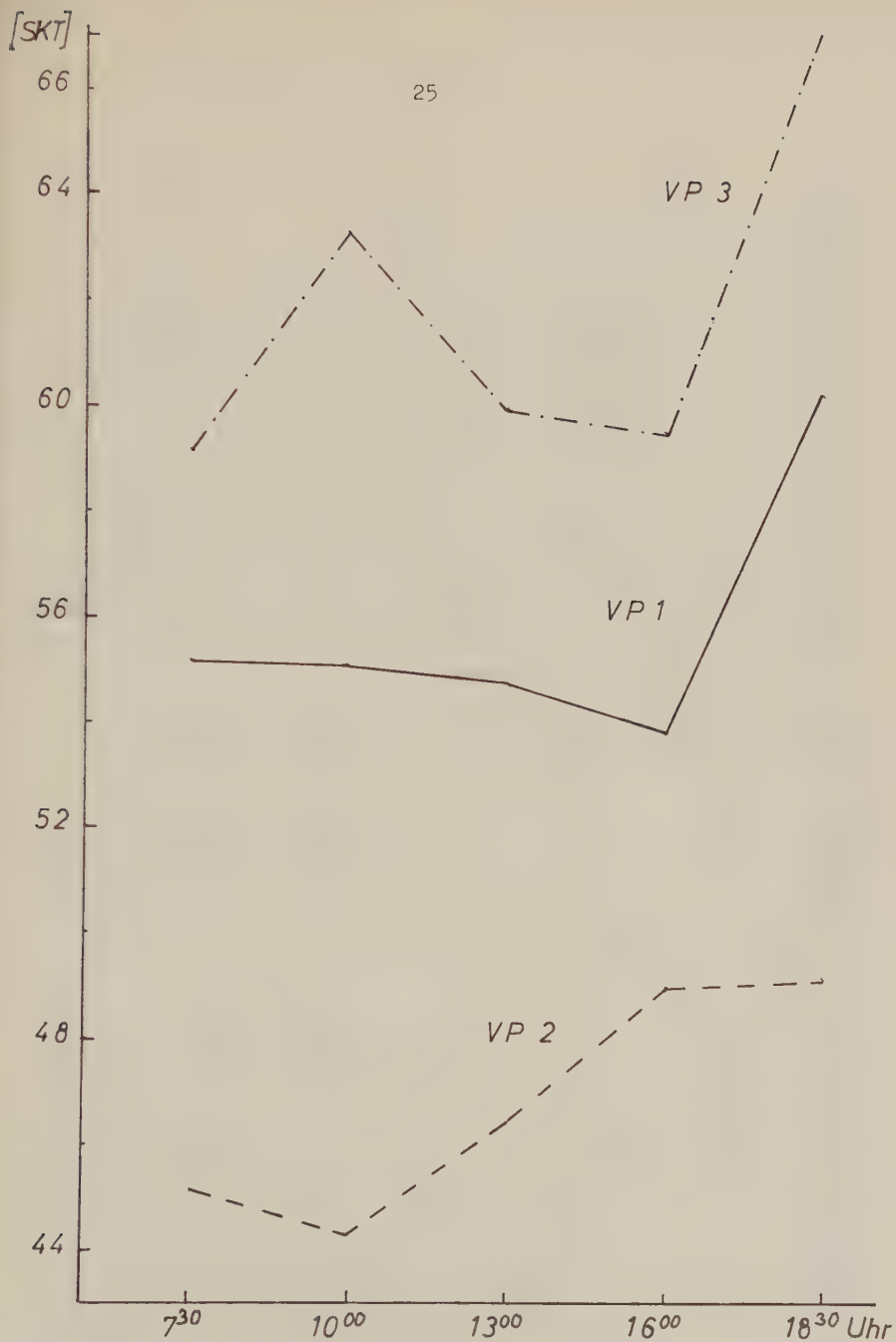


Abb. 6 Durchschnittlicher Tagesgang der ALG

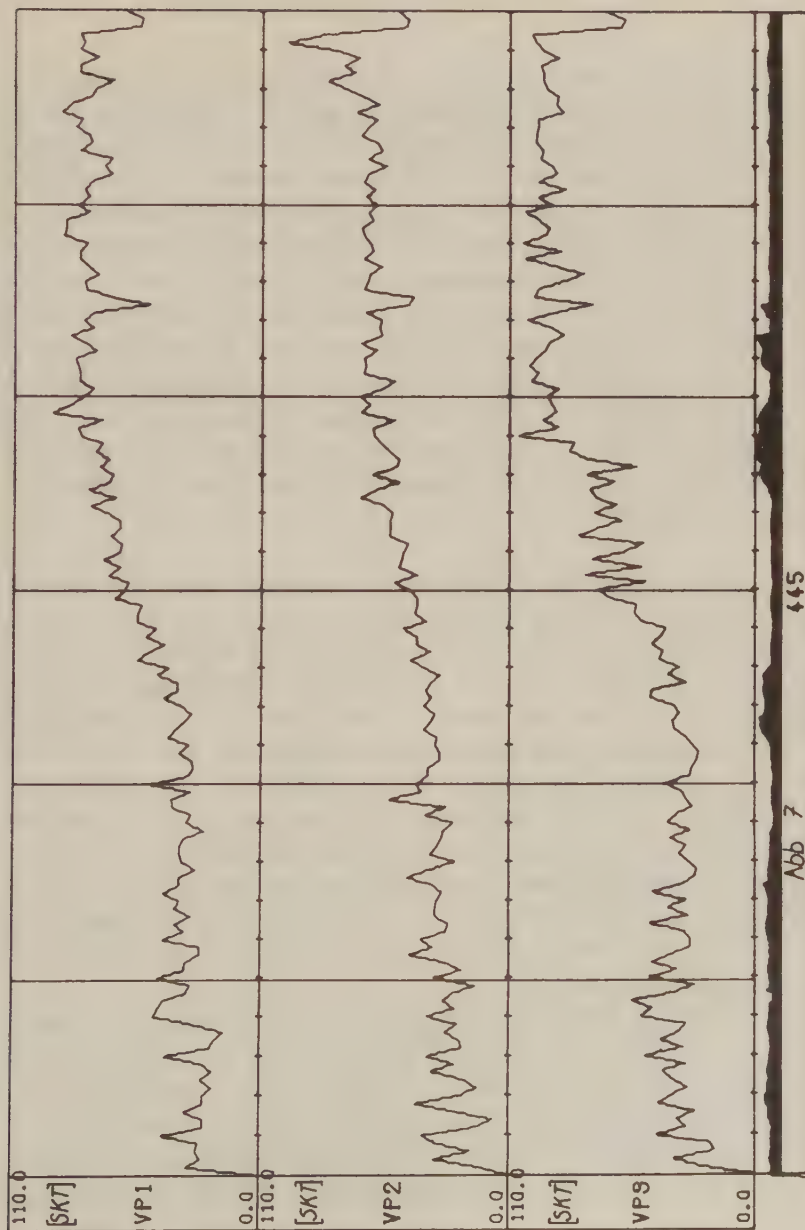
4.3 Ergebnisse der Algimetrie (ALG)

Der aus den 30 Tagen errechnete durchschnittliche Tagesverlauf sieht für VP 1 und VP 3 ähnlich aus: Vom Vormittag bis zum Nachmittag sinkt die Schmerzschwelle ab und steigt am Abend auf ein Maximum an. (Vergl. Abb. 6!)

Im Gegensatz dazu zeigt aber VP 1 an den Tagen 7/8, 8/9, 11/12, 12/13, 13/14, 14/15, 17/18, 18/19, 19/20 und 24/25 am Morgen eine höhere Schmerzschwelle als am vorausgegangenen Abend. Abgesehen von den Tagen 7/8, 14/15, 17/18 und 24/25 ließe sich eine Beziehung dieser Rhythmusänderungen zur Luftfeuchte herleiten dergestalt, daß sie sowohl durch einen Feuchteabfall (Tage 8/9, 13/14) als auch durch einen Feuchteanstieg (Tage 11/12 18/19) verursacht sein könnten.

Die Betrachtung der Kurve vom zeitlichen Verlauf der Schmerzschwelle von VP 1 in Abb. 7 ergibt folgenden Sachverhalt: Nach relativ großen Tagesschwankungen während der ersten 6 Tage tritt bis zum 10. Tag eine Verkleinerung der Amplitudenbreite ein. Der vom 8.-10. Tag erfolgende Feuchteabfall steht in einem zeitlichen und damit vielleicht auch kausalen Zusammenhang mit einer Verminderung der mittleren Schmerzschwelle; sie bleibt, abgesehen von einem hohen Abendwert am 10. Tag, bis zum 12. Tag erniedrigt.

Vom 12.-20. Tag ist eine steigende Tendenz des Gesamtkurvenverlaufes zu beobachten, wobei die Tagesschwankungen relativ klein bleiben. Die während dieses Zeitraumes stetige Erhöhung der Schmerzschwelle dürfte in erster Linie auf eine Gewöhnung von VP 1 zurückzuführen sein, d.h. daß das schmerzempfindliche Perioest von VP 1 druckunempfindlicher wurde. Der Beginn dieses "Indolentwerdens" fällt zwar genau mit dem Feuchteanstieg am 12. Tag zusammen, ob jedoch ein ursächlicher Zusammenhang zur Luftfeuchte besteht ist fraglich, zumal da der Feuchteabfall vom 13. auf den 14. Tag und der erneute Feuchteanstieg am 18. Tag den steigenden Trend des Gesamtkurvenverlaufes nicht beeinflussen. Vom 21.-30. Tag bewegt sich die Kurve mit ver-



größerten Tagesschwankungen um einen nahezu gleichbleibenden Mittelwert. Lediglich am Vormittag des 23. Tages ist ein kurzzeitiges, jedoch verhältnismäßig starkes Absinken der Schmerzschwelle zu beobachten. Es ist unwahrscheinlich, daß hierfür eine Beziehung zu dem kurzzeitigen Feuchteanstieg des gleichen Tages besteht, da der Feuchteanstieg am 21. Tag dann eine ähnliche Reaktion hätte erbringen müssen. Allenfalls dürfte diese Abnahme der Schmerzschwelle durch den Feuchteabfall am Ende des 22. Tages verursacht sein wie auch das geringe Absinken der Schmerzschwelle nach Beendigung des steigenden Trends als Folge des am 20. Tag erfolgten Feuchteabfalles gedeutet werden könnte. Weshalb der Feuchteabfall am Ende des 23. Tages die Schmerzschwelle nicht in einem ähnlichen Sinne beeinflußt, bleibt ungeklärt.

VP 2 zeigt einen von VP 1 und VP 3 verschiedenen durchschnittlichen Tagesgang: Vom Morgen bis zum Vormittag sinkt die Schmerzschwelle leicht ab, steigt bis zum Nachmittag etwas steiler und weiter bis zum Abend etwas flacher an, sodaß auch VP 2 am Abend schmerzunempfindlicher ist als am darauffolgenden Morgen. Ausnahmen davon bilden die Tage 8/9, 9/10, 13/14, 15/16, 17/18, 19/20, 22/23, 24/25, 25/26, 26/27, 28/29 und 29/30. Da an diesen Tagen mit Ausnahme des 19/20. Tages die Luftfeuchte jeweils stark erniedrigt war, scheint für VP 2 folgende Gesetzmäßigkeit zu bestehen: An Tagen hoher oder mittlerer Luftfeuchte ist die Schmerzschwelle am Morgen niedriger als am vorausgegangenen Abend, an trockenen Tagen dagegen genau umgekehrt.

Während der ersten 5 Tage bewegt sich die Schmerzschwelle von VP 2 mit relativ großen Tagesschwankungen um einen nahezu gleichbleibenden Mittelwert. (Vergl. Abb. 7) Während der Tage 6-8 ist dieser Mittelwert etwas erhöht, die Amplitude der Tagesschwankungen jedoch unverändert groß geblieben. Am 9. Tag sinkt der mittlere Schmerzschwellenwert wieder etwas ab

und steigt am 10. Tag kurzzeitig steil an. Die Ursache für diesen kurzen Anstieg dürfte darin bestehen, daß VP 2 zu diesem Zeitpunkt ein Schmerzmittel wegen starker Kopfschmerzen eingenommen hatte.

Auffällig ist eine enorme Beruhigung der Tagesschwankungen vom 11. - 13. Tag; sie könnte mit der Trockenperiode der Tage 10 und 11 zusammenhängen.

Ähnlich wie bei VP 1 ist vom 13. - 19. Tag ein steigender Trend des Gesamtkurvenverlaufes zu erkennen, wobei die Amplitudenbreite der Tagesschwankungen wieder etwas zugenommen hat. Ob dieses Ansteigen der Schmerzschwelle mit der Feuchteperiode der Tage 12 und 13 zusammenhängt ist fraglich, da die darauffolgende Trockenperiode den steigenden Trend nicht beeinflußt; er dürfte in einer Gewöhnung von VP 2 an den Druckschmerz begründet sein.

Die bereits am Ende des 13. Tages erfolgte Zunahme der Amplitudenbreite der Tagesschwankungen könnte auf die Feuchteperiode der Tage 12 und 13 zurückzuführen sein, da sie unmittelbar nach dieser Periode am größten ist und bis zum 18. Tag dauernd abnimmt.

Vom 18. - 21. Tag flacht die steigende Tendenz des Gesamtkurvenverlaufes etwas ab; vom 21. - 29. Tag bewegt sich die Schmerzschwelle um einen nahezu konstanten Mittelwert, was darauf hindeutet, daß der "Gewöhnungsprozeß" abgeschlossen ist.

Ähnlich wie bei der ersten Feuchteperiode, jetzt aber unmittelbar mit Beginn derselben, setzt am 18. Tag eine Vergrößerung der Amplituden der Tagesschwankungen ein.

Mit der am 24. Tag beginnenden Trockenperiode tritt wieder eine Beruhigung der Tagesschwankungen auf. Die kurzen Trockenperioden am 21. und 22. Tag wirken sich nicht in diesem Sinne auf die Amplituden aus. Am 29. Tag nehmen die Tagesschwankungen wieder zu, was mit der bevorstehenden Entlassung aus dem Bioklimaraum erklärt werden könnte.

Zusammenfassend kann man sagen, daß sich für VP 2 kein un-

mittelbarer Zusammenhang zwischen Schmerzempfindlichkeit und Feuchtegehalt der Luft ergibt in dem Sinne, daß eine erhöhte Luftfeuchte die Schmerzschwelle verringern oder erhöhen würde. Tagesrhythmus und Größe der Tagesschwankungen dagegen scheinen vom Feuchtegehalt der Luft beeinflußt zu werden.

VP 3 weicht an vielen Tagen mit ihren tatsächlich gemessenen Tagesverlauf von dem errechneten, durchschnittlichen Tagesgang ab und zwar unabhängig vom Feuchtegehalt der Luft, sodaß man bei VP 3 weder auf einen Tagesrhythmus noch auf eine Wechselbeziehung zwischen diesem und der Luftfeuchte schließen kann.

Die Betrachtung des Gesamtkurvenverlaufes von VP 3 in Abb. 7 ergibt folgenden Sachverhalt: Während der Eingewöhnungszeit vom 1. - 5. Tag ist bei relativ großen Tagesschwankungen eine leicht steigende Tendenz der Schmerzschwelle zu beobachten, vom 6. - 8. Tag bewegt sie sich mit weiter unverändert großen Tagesschwankungen um einen nahezu konstanten Mittelwert. Mit Abnahme der Luftfeuchte sinkt dieser Mittelwert leicht ab und bleibt während der ganzen Trockenperiode bis zum 12. Tag unverändert niedrig. Auch die Amplitudenbreite der Tagesschwankungen hat während der Tage 9 - 12 abgenommen.

Mit dem Feuchteanstieg am 12. Tag steigt auch die mittlere Schmerzschwelle wieder an und zwar bis zum 15. Tag steil, vom 15. - 19. Tag etwas flacher. Dieses steile Ansteigen des mittleren Schmerzschwellenwertes dürfte zweierlei Ursachen haben: Einmal mag es durch einen Gewöhnungseffekt bedingt sein, wie es auch bei VP 1 und VP 2 zu beobachten war und zum anderen könnte diese Gewöhnung überlagert sein durch eine Verminderung der Schmerzsensibilität, die durch die Feuchteperiode der Tage 12 und 13 ausgelöst wurde und mit einer Phasenverschiebung von zwei Tagen erst am 15. Tag voll zur Geltung kommt.

Am 13. Tag, also einen Tag nach dem Feuchteanstieg, haben die intradiurnen Tagesschwankungen wieder zugenommen, sie erreichen am 16. Tag ein Maximum.

Der vom 15. - 19. Tag, also noch während der zweiten Trockenperiode erkennbare steigende Trend des Gesamtkurvenverlaufes steht nicht im Widerspruch zu dem während der ersten Trockenperiode beobachteten Absinken der Schmerzschwelle; er könnte allein auf die oben angeführte Gewöhnung zurückzuführen sein, die das erwartete Absinken der Schmerzschwelle verschleiert. Für die Annahme, daß die Feuchteperiode der Tage 12 und 13 neben dem "Indolentwerden" Ursache für den steilen Anstieg der Schmerzschwelle ist, spricht auch die Tatsache, daß auch die am 18. Tag beginnende zweite Feuchteperiode von einer Verminderung der Schmerzempfindlichkeit, d.h. einem Anstieg des mittleren Schmerzschwellenwertes gefolgt ist, diesmal mit einer Phasenverschiebung von 24 Stunden.

Mit dem Feuchtigkeitsmaximum des 20. Tages erreicht auch die Schmerzschwelle ein Maximum. Die kurzzeitigen Feuchtgipfel der Tage 22 und 23 scheinen die Schmerzempfindlichkeit nicht unmittelbar zu beeinflussen, die großen intradiurnen Schwankungen vom 22. - 24. Tag dürften jedoch auf sie zurückzuführen sein.

Während der Trockenperiode der Tage 24 - 30 zeigt der Gesamtkurvenverlauf von VP 3 einen leicht fallenden Trend, wobei die Amplitudenbreite der Tagesschwankungen spindelförmig abnimmt.

Zusammenfassend kann man für VP 3 feststellen: Eine Zunahme der Luftfeuchte läßt eine Erhöhung der Schmerzschwelle erkennen, die allerdings erst mit einer Verzögerung von 1 - 2 Tagen voll zum Ausdruck kommt. Umgekehrt, jedoch weniger ausgeprägt, scheinen Tage mit niedriger Luftfeuchte die Schmerzempfindlichkeit zu erhöhen. Nach einer Feuchteperiode ist die Amplitude der intradiurnen Schwankungen vergrößert, während einer Trockenperiode nimmt sie wieder ab.

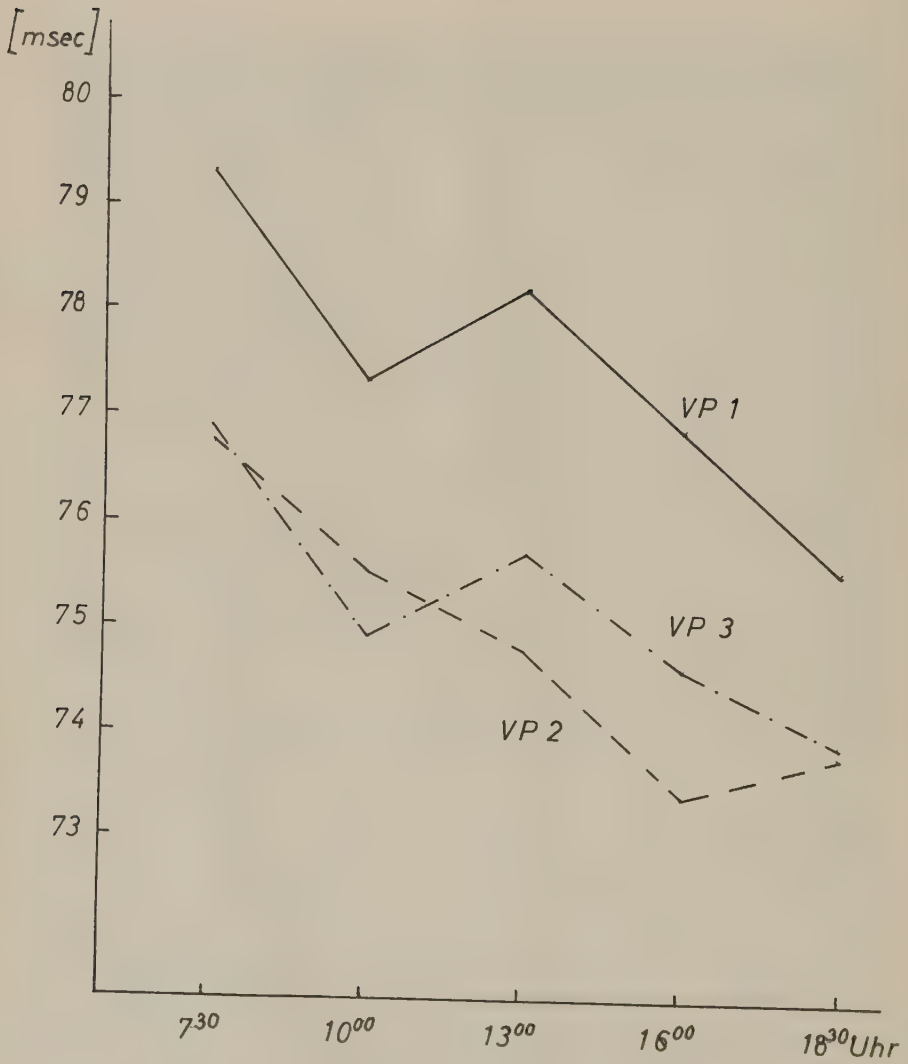


Abb. 8 Durchschnittlicher Tagesgang der ASA-Zeit

4.4.1 Ergebnisse der Reaktionszeit des Achillessehnen- reflexes (ASA)

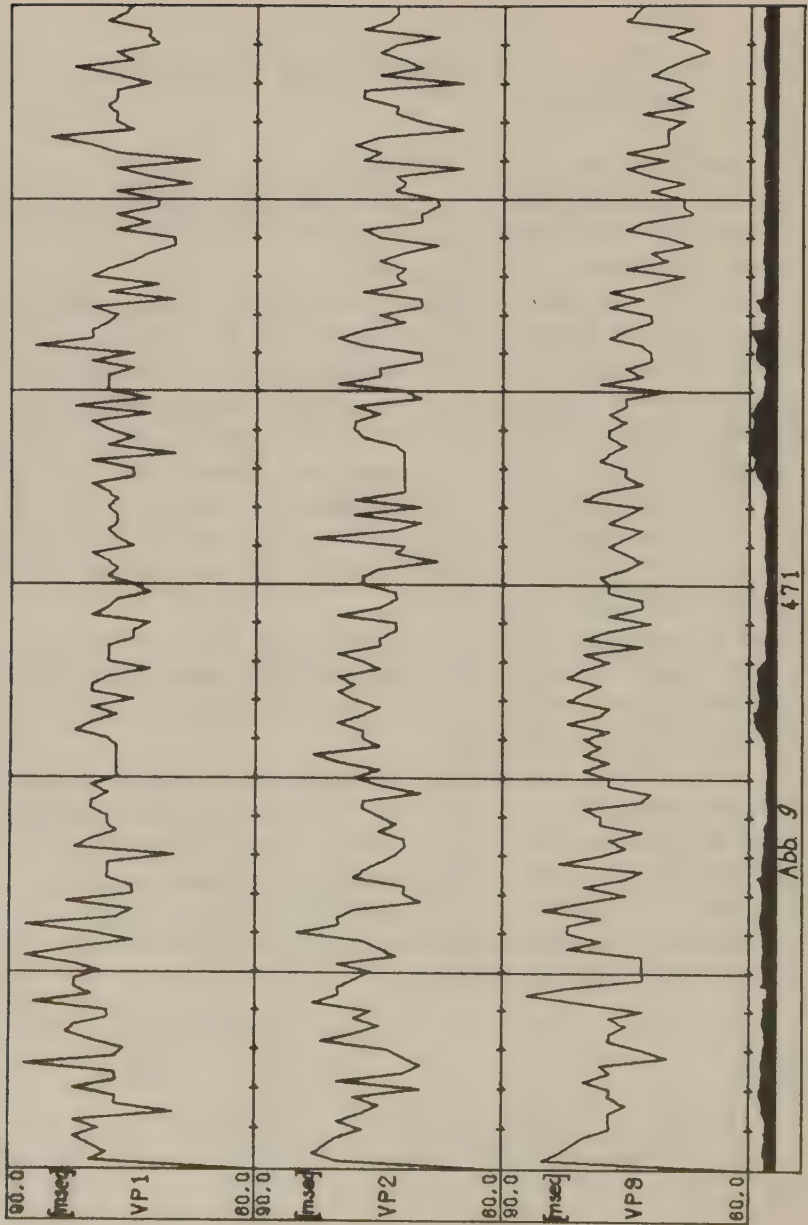
Die Reaktionszeit ist hier definiert als der Zeitraum vom Beginn des Hammerschlages bis zu dem Zeitpunkt, an dem die durch den Reflex ausgelöste Plantarflexion 1/5 ihres maximalen Ausschlages erreicht hatte.

Der aus den 30 Tagen ermittelte durchschnittliche Tagesgang aller drei VP liegt im Durchschnitt bei 76 msec. Bei VP 1 sinkt die durchschnittliche Reaktionszeit vom Morgen bis zum Abend um fast 4 msec ab. Vergl. Abb.8! Ausnahmen hiervon bilden die Tage 2/3, 7/8, 10/11, 17/18, 20/21, 23/24 und 27/28. An diesen Tagen liegen die Morgenwerte unter den Abendwerten. Ob diese Abweichungen in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Luftfeuchte stehen ist fraglich, da nur die Abweichungen der Tage 20/21 und 23/24 zeitlich mit Luftfeuchteänderungen zusammentreffen.

Eine Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Luftfeuchte im Sinne einer Erhöhung oder Verkürzung bei hohem oder niedrigem Feuchtegehalt der Luft ist bei VP 1 ebenfalls nicht erkennbar (Vergl. Abb. 9!)

Eine Korrelation zur Luftfeuchte scheint insofern zu bestehen, als während der ersten zwei Trockenperioden die Amplitude der Tagesschwankungen kleiner ist als während der Feuchteperioden; nur in der letzten Trockenperiode, also während der Tage 24-30, bleibt sie unverändert groß.

Der Gesamtkurvenverlauf zeigt während der gesamten 30 Tage einen leicht fallenden Trend.



Der errechnete durchschnittliche Tagesgang von VP 2 ähnelt dem von VP 1 insofern, als auch bei VP 2 die Reaktionszeit am Abend um ca. 3 msec kürzer ist als am Morgen. Wie bei VP 1 fällt das Maximum auf den Morgen, das Minimum dagegen bereits auf den Nachmittag.

An 12 Tagen wurde jedoch am Morgen eine kürzere Reaktionszeit gemessen als am vorausgegangenen Abend. Diese Tage stehen in keinem zeitlichen Zusammenhang mit Feuchteänderungen.

Eine Beziehung der Reaktionszeit zum Feuchtegehalt der Luft scheint zu bestehen dergestalt, daß der Tagesmittelwert an Tagen niedriger Luftfeuchte leicht absinkt und umgekehrt in Feuchteperioden wieder ansteigt; allerdings steigt er aber auch noch während der 1. Trockenperiode, zwei Tage vor dem Feuchteanstieg, an.

Ob die auffallende Vergrößerung der Amplitude der Tagesschwankungen am 16. und 17. Tag und am 26., 27. und 28. Tag, also jeweils drei Tage nach Feuchteperioden, mit diesen ursächlich zusammenhängt, ist fraglich.

Ähnlich wie VP 1 zeigt VP 2 im Gesamtkurvenverlauf einen leicht fallenden Trend.

Der errechnete durchschnittliche Tagesgang von VP 3 ist mit dem von VP 1 annähernd kongruent, wobei die Reaktionszeit von VP 3 jedoch allgemein um 2,5 msec kürzer ist.

Die Tage 1/2, 5/6, 6/7, 8/9, 11/12, 12/13, 16/17 und 19/20 weichen von diesem Rhythmus ab dahingehend, daß der Abendwert über dem darauffolgenden Morgenwert liegt. Die Rhythmusänderungen der Tage 5/6 und 6/7 könnte man auf die am 5. Tag begonnene Klausur zurückführen, die Änderungen der Tage 8/9, 11/12, 12/13 und 19/20 stehen in einem zeitlichen Zusammenhang mit Änderungen der Luftfeuchte.

Ähnlich wie bei VP 2 sinkt der Tagesmittelwert bei VP 3 nach Feuchteperioden ab.

Während Perioden hoher Feuchte ist auch bei VP 3 die Reaktionszeit gering erhöht; diese Tatsache kommt während der 2. Feuchte-

periode deshalb nicht so stark zum Ausdruck, weil der Gesamtkurvenverlauf vom 18. Tag an einen leicht fallenden Trend aufweist.

Bezüglich der Amplitudengröße der Tagesschwankungen fällt auf, daß diese nach Feuchteperioden vergrößert ist.

4.4.2 Ergebnisse der Maximalkontraktionszeit (ASB)

Unter der Maximalkontraktionszeit ist hier der Zeitraum vom Beginn des Hammerschlages bis zu dem Zeitpunkt zu verstehen, an dem die reflektorische Plantarflexion ihr Maximum erreicht hat.

Der aus den 30 Tagen errechnete durchschnittliche Tagesgang der ASB-Zeit zeigt bei VP 1 und VP 2 ein Maximum am Mittag und ein Minimum am Abend. (Vergl. Abb. 10!) VP 1 weicht aber an den meisten Tagen von diesem errechneten Tagesgang ab, sodaß man bei ihr auf keine bestimmte Tagesperiodik schließen kann. Bemerkenswert erscheint jedoch die Tatsache, daß VP 1 regelmäßig zu Beginn jeder Feuchteperiode das Maximum der intradiurnen ASB-Zeit am Morgen zeigt. Allerdings ergibt sich auch für die trockenen Tage 14 und 24 ein Maximum am Morgen.

Die Amplitudenbreite der intradiurnen Schwankungen ist während der offenen Klausur der Tage 1-5 groß, sie ist mit Ausnahme des 14. und 25. Tages an Tagen mittlerer und niedriger Luftfeuchte kleiner als an Tagen mit einem hohen Luftfeuchtegehalt, wobei der 13. Tag wieder eine Ausnahme bildet. (Vergl. Abb. 11!) Mit Beginn der ersten Feuchteperiode ist bei VP 1 ein Anstieg der Tagesmittelwerte zu beobachten; er dauert bis zum Morgen des 14. Tages an. Während der darauffolgenden Trockenperiode fällt dieser Mittelwert wieder ab. Da er mit Beginn der zweiten Feuchteperiode erneut ansteigt, könnte man folgern, daß an Tagen hoher Luftfeuchte das Reflexgeschehen bei VP 1 verlangsamt ist im Vergleich zu Tagen mittlerer und niedriger Feuchte. Dagegen spricht allerdings die Tatsache, daß während der letzten Trockenperiode der Tage 24-30 der Tagesmittelwert unverändert hoch bleibt.

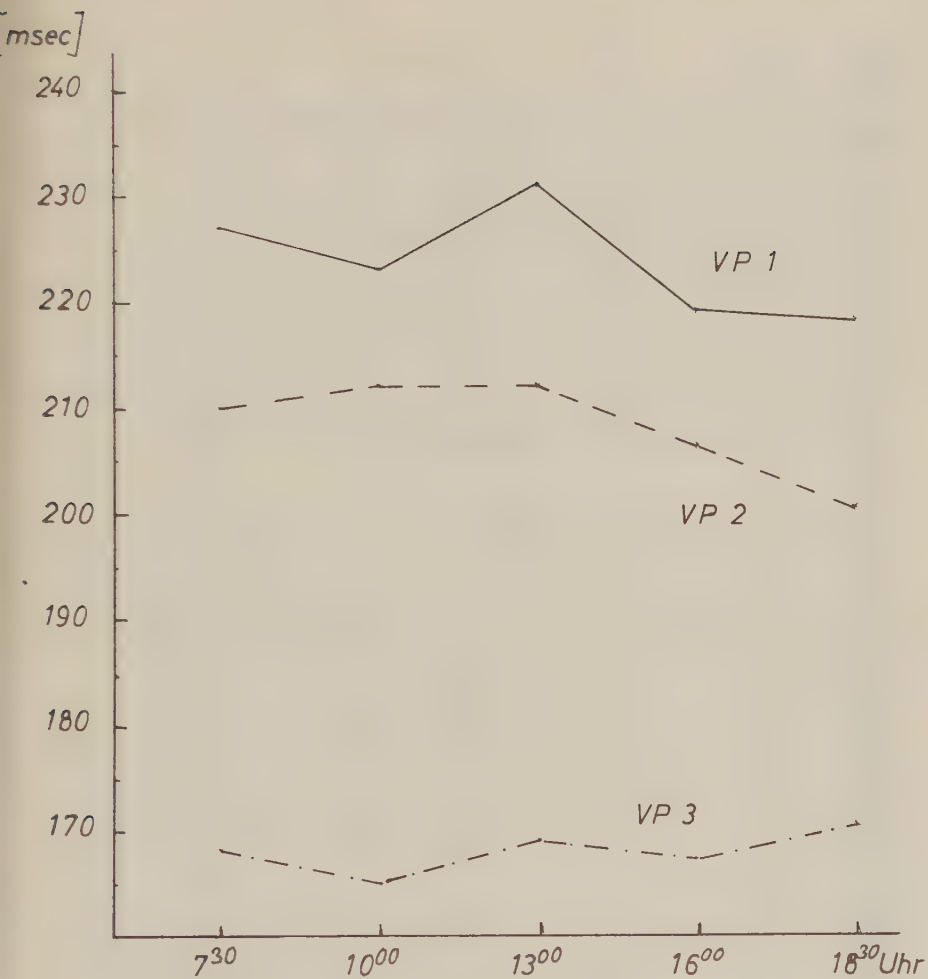


Abb. 10 Durchschnittlicher Tagesgang der ASB-Zeit

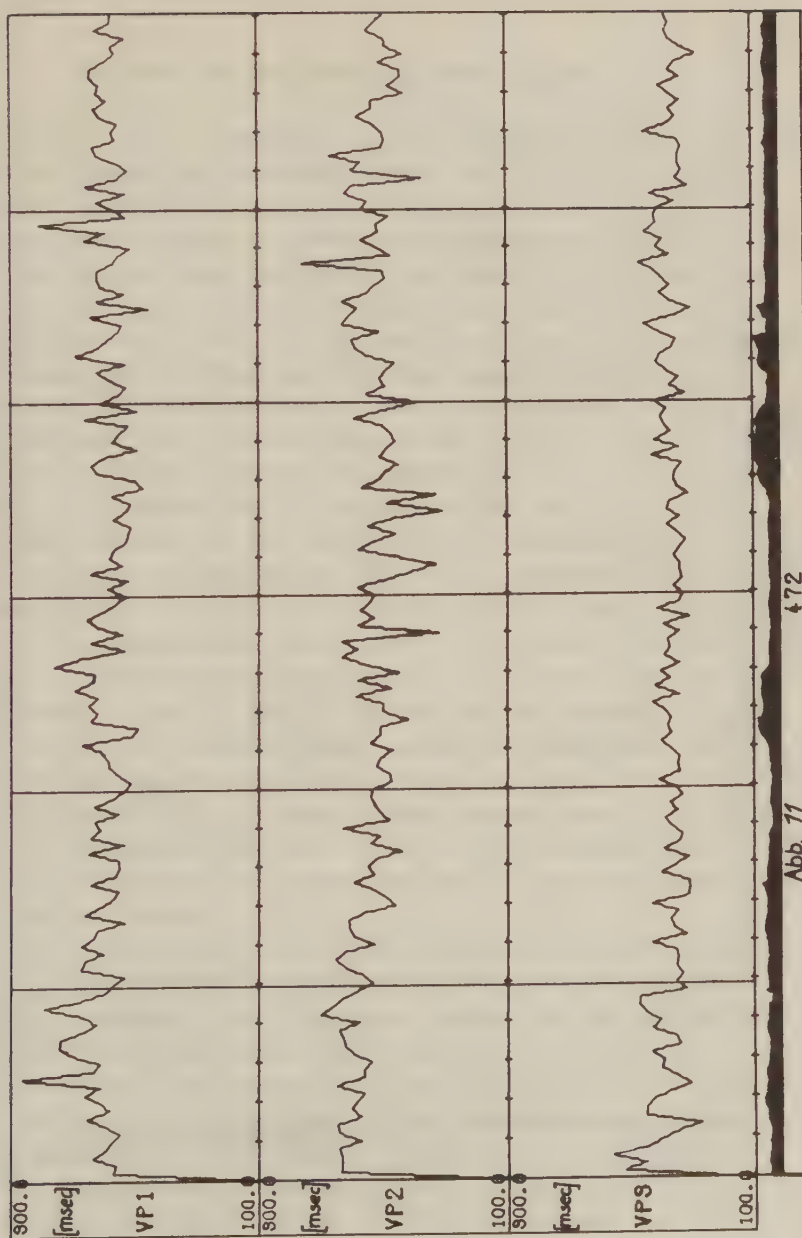
VP 2 zeigt auffallend große intradiurne Schwankungen an den Tagen 14 - 18, ebenso an den Tagen 24 und 26. Sie könnten als Folge der vorausgegangenen Feuchteperioden zu deuten sein. Bezüglich Tagesrhythmus und Luftfeuchtegehalt sind keine Korrelationen feststellbar (Vergl. Abb. 11!)

Eine unmittelbare Beziehung zwischen absolutem Tagesmittelwert und Feuchte ist bei VP 2 ebenfalls nicht erkennbar, allenfalls ließe sich noch der leicht steigende Trend des Gesamtkurvenverlaufes an den Tagen 13 und 14 sowie an den Tagen 19-24 mit den Feuchteperioden der Tage 12 und 13 bzw. 19, 20, 22 und 23 in einen Zusammenhang bringen.

Der errechnete durchschnittliche Tagesgang der ASB-Zeit ist bei VP 3 sehr uncharakteristisch: Mit Abweichungen von $\pm 2,5$ msec bleibt er während des ganzen Tages auf einem nahezu konstanten Wert. Zudem variieren die tatsächlich gemessenen Tagesgänge so stark untereinander, daß sich das Aufsuchen einer Korrelation zwischen Tagesgang und Feuchte erübrigt.

Die Amplitudenbreite der Tagesschwankungen nimmt bis zum 9. Tag ab, bleibt, unabhängig vom Feuchtegehalt der Luft, bis zum 19. Tag unverändert klein und ist während der letzten 11 Tage des Versuchszeitraumes wieder etwas vergrößert, sodaß auch in dieser Beziehung keine Abhängigkeit von der Luftfeuchte zu bestehen scheint.

Ähnlich wie bei VP 1 steigt der Tagesmittelwert bei VP 3 an Tagen hoher Feuchte geringfügig an, er bleibt allerdings nach der zweiten Feuchteperiode noch zwei Tage weiterhin erhöht.



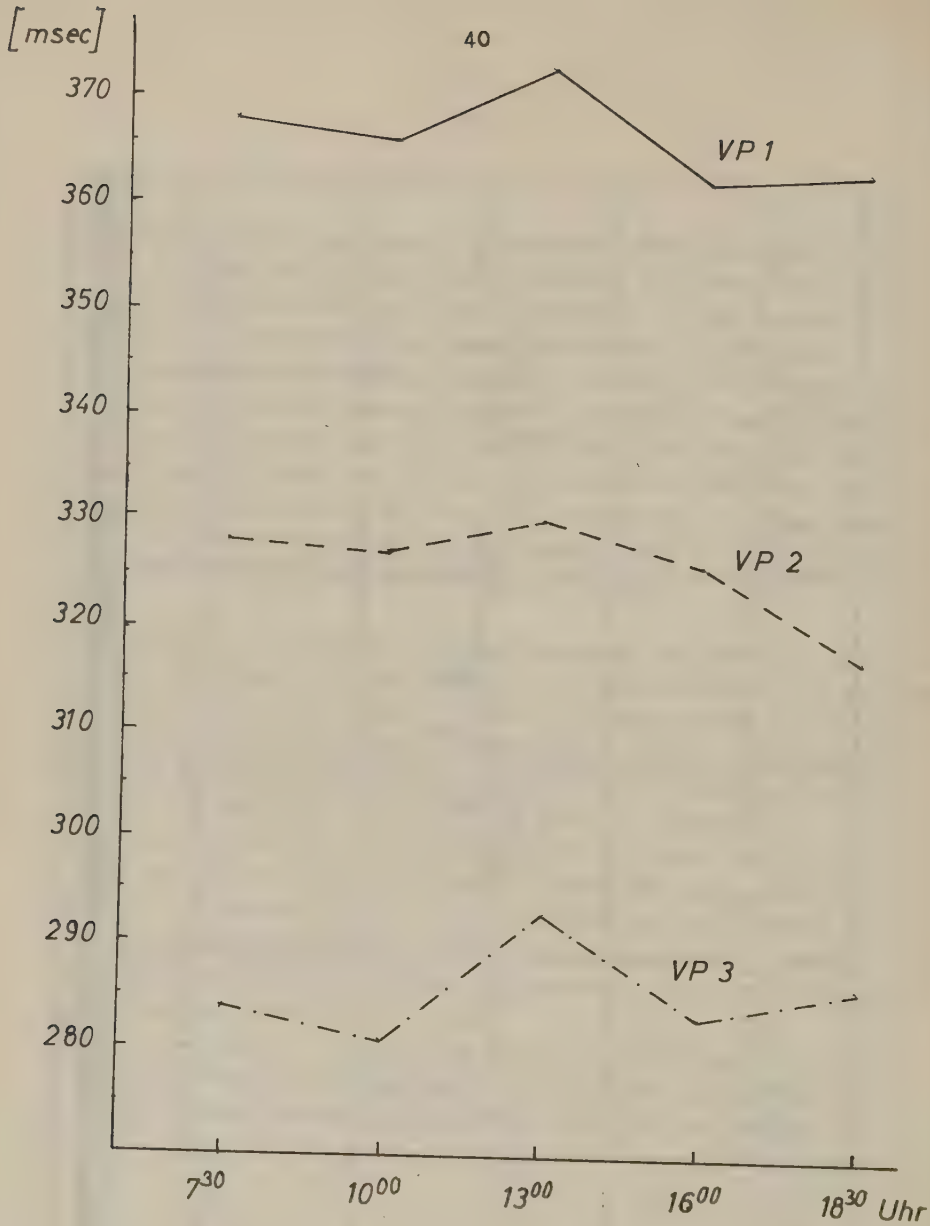


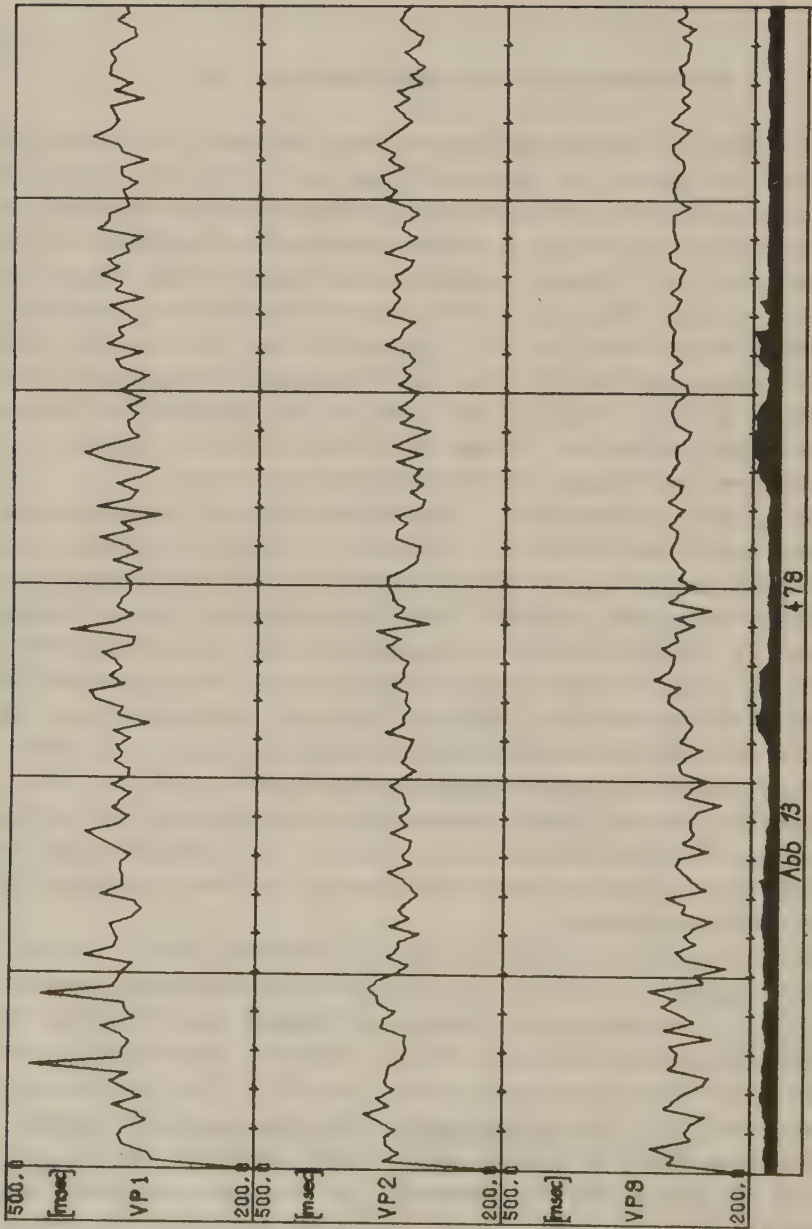
Abb.12 Durchschnittlicher Tagesgang der ASC-Zeit

4.4.3 Ergebnisse der Halbrelexationszeit (ASC)

Der Begriff Halbrelexationszeit sei definiert als der Zeitraum vom Beginn des Hammerschlages bis zu dem Zeitpunkt, an welchem der Fuß nach maximaler reflektorischer Plantarflexion wieder zur Hälfte in seine Ausgangslage zurückgekehrt ist. Der aus den 30 Tagen errechnete durchschnittliche Tagesgang der ASC-Zeit zeigt bei allen drei VP ein Maximum am Mittag, das Minimum fällt für VP 1 auf den Nachmittag, für VP 2 auf den Abend und für VP 3 auf den Vormittag. (Vergl. Abb. 12!) VP 1 weicht an den meisten Tagen mit den tatsächlich gemessenen Tagesgängen von obigem durchschnittlichem Tagesgang ab und zwar unabhängig vom Feuchtegehalt der Luft.

Zeigt VP 1 während der 1. Trockenperiode eine Verkleinerung der Amplitudenbreite der intradiurnen Tagesschwankungen und eine Vergrößerung derselben während der darauffolgenden Feuchtenperioden mit erneuter Verkleinerung einen Tag nach Beginn der 2. Trockenperiode, so vergrößert sich diese Amplitude bereits wieder in der zweiten Hälfte der 2. Trockenperiode und verkleinert sich mit Beginn der letzten Feuchteperiode. Bis zum Ende des Versuchszeitraumes nimmt die Amplitude wieder langsam zu. Die großen Tagesschwankungen am 3. und 5. Tag dürften auf die relativ ungeordneten Verhältnisse der offenen Klausur zurückzuführen sein. Somit ist kein Zusammenhang zwischen der Größe der Tagesschwankungen und dem Feuchtegehalt der Luft erkennbar.

Ähnlich verhalten sich die Tagesmittelwerte von VP 1. Auch hier scheint zunächst eine Korrelation zum Feuchtegehalt der Luft zu bestehen in dem Sinn, daß während trockener Tage der Tagesmittelwert niedrig, während feuchter Tage dagegen hoch ist. Da diese Mittelwerte jedoch vom 16. - 19. Tag, also noch während der 2. Trockenperiode leicht ansteigen und an den feuchten Tagen 20 und 21 sogar wieder abfallen und bis zum 30. Tag erneut leicht ansteigen, scheint jene zunächst vermutete Gesetzmäßigkeit nicht zu bestehen (Vergl. Abb. 13!)



Für VP 2 scheint eine Korrelation zwischen dem Feuchtegehalt der Luft und dem errechneten durchschnittlichen Tagesgang zu bestehen insofern, als am 15. und 25. Tag, also jeweils 2 Tage nach Feuchteperioden, das Maximum des intradiurnen Tagesablaufes nicht wie an den meisten Tagen auf den Mittag, sondern auf den Abend fällt. Da aber auch bereits jeweils einen Tag vor Beginn der Feuchteperioden, also am 11. und 18. Tag, der tatsächlich gemessene Tagesgang vom durchschnittlichen Tagesrhythmus abweicht, dergestalt, daß er an diesen beiden Tagen ein Maximum am Vormittag und ein Minimum am Morgen aufweist, dürfte obiger Zusammenhang wohl eher auf einem Zufall beruhen.

Bezüglich der Größe der Tagesschwankungen ist, abgesehen von den großen Schwankungen der Tage 1-5, nach der 1. Feuchteperiode eine deutliche Amplitudenvergrößerung festzustellen. Nach der 2. Feuchteperiode ist diese jedoch weniger stark ausgeprägt.

Zwischen dem Tagesmittelwert und dem Luftfeuchtegehalt ist bei VP 2 kein Zusammenhang erkennbar.

VP 3 zeigt zahlreiche Abweichungen der tatsächlich gemessenen Tagesgänge vom durchschnittlichen Tagesrhythmus; sie stehen in keinem zeitlichen Zusammenhang mit Änderungen der Luftfeuchte.

Die intradiurnen Schwankungen von VP 3 sind bis zum 5. Tag groß und verkleinern sich allmählich bis zum 13. Tag. Die plötzliche Vergrößerung dieser Schwankungen am 14. und 15. Tag könnten durch die vorausgegangene Feuchteperiode verursacht sein; dagegen spricht allerdings die Tatsache, daß sich eine derartige Amplitudenvergrößerung nach der zweiten Feuchteperiode nicht wiederholt.

Zwischen den Tagesmittelwerten und dem Luftfeuchtegehalt scheint ebenfalls eine Beziehung zu bestehen, dergestalt, daß der Anstieg der Tagesmittelwerte an den Tagen 12-13 auf die hohe Feuchte der Tage 12 und 13 zurückzuführen ist. Mit Be-

ginn der zweiten Trockenperiode sinkt auch der Tagesmittelwert wieder ab. Allerdings ist aber am 16. Tag, also noch innerhalb einer Trockenperiode, ein erneuter Anstieg des Gesamtkurvenverlaufes zu beobachten. Vom 17.-30 Tag bleiben die Tagesmittelwerte, unabhängig von der zweiten Feuchteperiode, annähernd gleich groß.

5 DISKUSSION

5.1 Erste kritische Überlegungen nach Abschluß der Versuchsreihe

Wie sich in einem ersten Klimakammerlangzeitversuch gezeigt hatte, beeinflusste gerade die Umstellung der einzelnen Versuchspersonen von ihrem gewohnten Tagesrhythmus auf einen versuchsgerechten Tagesablauf die Meßergebnisse entscheidend. Dieser Tatsache wurde zwar im jetzigen Versuch dadurch Rechnung getragen, daß der Übergang in die Klausur durch eine vorausgehende fünftägige "offene Klausur" allmählich erfolgte, dennoch zeigten die Versuchspersonen zu Beginn des Versuchszeitraumes große intradiurne Schwankungen ihrer Meßergebnisse.

Ebenso konnte während der letzten 5 Tage des Versuchszeitraumes die für den Versuch erforderliche neutrale Stimmungslage nicht aufrechterhalten werden, da das Wissen um die bevorstehende Entlassung aus dem Bioklimaraum die Versuchspersonen verständlicherweise nicht gleichgültig lassen konnte.

Das große Arbeitspensum an Versuchen, das jeden Tag bewältigt werden mußte, erbrachte zwar den Vorteil, daß es die Versuchspersonen ablenkte und vor dem Gefühl des Eingeschlossenseins etwas bewahrte, wurde jedoch einhellig als sehr anstrengend empfunden.

Als für einen derartigen Langzeitversuch unzureichend empfunden wurden allgemein die sanitären Einrichtungen der Klimakammer, der Einbau einer Dusche würde hier große Abhilfe schaffen.

Dagegen wirkte sich die vorzügliche Verpflegung ausgesprochen positiv auf die Stimmung innerhalb des Bioklimaraumes aus; dies und nicht zuletzt auch die freundliche Betreuung durch die Institutsangehörigen trug entscheidend dazu bei, daß größere Spannungen in der Gruppe vermieden wurden.

5.2 Zur Hautturgormessung

5.2.1 Kritik der Methode

Mit der im vorliegenden Versuch angewandten Methode wurde der Hautturgor nicht wie in 3.2.1 definiert, als Gewebswasserdruck der Haut erfaßt, sondern allgemein als Verformbarkeit der Haut gemessen. Je größer die Verformbarkeit der Haut war, d.h. je geringer ihr Widerstand gegen den stets mit konstantem Druck auf sie einwirkenden Stempel des Meßgerätes, desto kleiner war der Hautturgor und umgekehrt.

Diese Verformbarkeit hängt zwar in erster Linie vom Gewebswasserdruck ab, wird aber darüberhinaus auch von der Plastizität und Elastizität der Faserbestandteile der Haut beeinflusst. Die Meßung der Verformbarkeit der Haut mit dem von DIRNAGL entwickelten Gerät verlangte große manuelle Geschicklichkeit, auch nach längerem Einüben betrug die Streubreite der Kontrollmessungen immer noch bis zu 10 %. Deshalb wurden jeweils zwei Messungen an der gleichen Hautstelle durchgeführt und der Mittelwert daraus protokolliert.

5.2.2 Zu den Ergebnissen der Hautturgormessung

Da bezüglich des Hautturgors alle drei VPn verschiedene Reaktionen auf die Feuchteänderungen zeigen, ist eine eindeutige Erklärung der Ergebnisse unter Einbeziehung physiologischer Erkenntnisse nicht möglich. Im folgenden sollen daher nur einige Gedanken aufgeworfen werden, die das Verhalten der VPn wenigstens teilweise erklären können.

Das VP 1 beobachtete Ansteigen des HTU während trockener Tage und Absinken des HTU an Tagen hoher Luftfeuchte könnte folgendermaßen verursacht sein; Nach THAUER und WEZLER bewirkt ein hoher Luftfeuchtegehalt eine Zunahme des Sympathikotonus. Dieser hat wiederum eine Gefäßverengung in der Peripherie zur

Folge, die mit einer Erhöhung des Blutdruck einhergeht. Die durch die Gefäßverengung verminderte Filtration aus den Kapillaren wird zwar teilweise durch den erhöhten Blutdruck kompensiert, es resultiert aber dennoch eine Verminderung des Flüssigkeitsaustrittes aus den Kapillaren in das Interstitium, was wiederum eine Abnahme des HTU zur Folge hat. Umgekehrt könnte eine Zunahme des HTU während trockener Tage über eine Abnahme des Sympathikotonus gesteuert sein.

Leider wird die bei VP 1 gefundene Gesetzmäßigkeit von VP 3 nur während der zweiten Hälfte des Versuchszeitraumes bestätigt, während der ersten Hälfte zeigt VP 3 ein zu VP 1 konträres Verhalten mit erniedrigtem HTU während trockener Tage und erhöhtem HTU an Tagen mit hoher Luftfeuchte.

Folgende Hypothese würde aber auch dieses Verhalten erklären: Da ein hoher Luftfeuchtegehalt eine Verminderung der Hautwasserabgabe zur Folge hat, kommt es in der Haut zu einem Feuchtestau und damit zu einer Erhöhung des HTU. Darüberhinaus hat eine verminderte Hautwasserabgabe eine Erhöhung der Hauttemperatur zur Folge, was wiederum eine Dilatation der Hautgefäße und damit eine verstärkte Durchblutung mit vermehrtem Flüssigkeitsaustritt aus den Kapillaren in das Interstitium bewirkt. Diese Hypothese steht nicht im Widerspruch zu dem bei VP 1 aufgestelltem Gedankengang, wenn man die Frage offen läßt, weshalb die Erhöhung des Luftfeuchtegehaltes einmal mit einer Erhöhung des Sympathikotonus beantwortet wird und einmal nicht. VP 2 bestätigt weder die eine noch die andere Hypothese, da sie keinerlei Korrelationen zwischen Luftfeuchte und HTU zeigt.

5.3 Zur Elektrodermatometrie

5.3.1 Kritik der Methode

Bei der Meßung der elektrischen Leitfähigkeit der Haut traten folgende Fehlerquellen auf:

1. Das Auflegen der Elektroden erfolgte nur unter annähernd konstantem Druck; eine Druckerhöhung hat aber eine Abnahme des elektrischen Hautwiderstandes zur Folge.
2. Eine gleichbleibende Durchtränkung der mit Mull umwickelten Elektroden mit physiologischer NaCl-Lösung war nicht gegeben, was wiederum eine unterschiedliche Durchfeuchtung des Stratum corneum bewirkte.
3. Der Zeitraum vom Aufsetzen der Elektroden bis zum Ablesen auf dem Amperemeter wurde nur durch Zählen konstant gehalten. Er ist aber ein für die Beurteilung der elektrischen Leitfähigkeit der Haut wichtiger Parameter.

Mit der im Versuch angewandten Methode können keine Schlüsse auf das transcutane Spannungsgefälle gezogen werden, da die Stromschleifen in verschiedenen Gewebsschichten verlaufen, die wiederum verschiedene Ionenkonzentrationen aufweisen.

5.3.2 Zu den Ergebnissen der Elektrodermatometrie

Bei der Betrachtung der Tagesrhythmik der elektrischen Leitfähigkeit der Haut fällt auf, daß ihr Maximum bei allen drei VPn auf den Spätnachmittag, ihr Minimum bei VP 1 auf den Morgen, bei VP 2 und VP 3 auf den Mittag fällt.

REGELSBERGER sah in dieser schon von ihm gemachten Beobachtung folgenden Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme: Die nach dem Essen einsetzende erhöhte Stoffwechselaktivität vergrößere die Durchfeuchtung der Haut und damit ihre elektrische Leitfähigkeit. Da in unserem Versuch die elektrische Leitfähigkeit der Haut dagegen nach den um 12 Uhr und um 18 Uhr eingenommenen Hauptmahlzeiten abnimmt, müssen noch andere biologische Regelmechanismen den elektrischen Leitwert der Haut beeinflussen. Ein Vergleich der Tagesrhythmik des elektrischen Hautwiderstandes mit dem intradiurnen Verlauf der Luftfeuchte läßt bei VP 1 eine positive Korrelation zwischen diesen beiden Größen erkennen; auch VP 2 und VP 3 zeigen mit dem Feuchteminimum am Nachmittag ein Minimum des elektr. Hautwiderstandes.

Diese Wechselbeziehung wird bei VP 1 noch erhärtet durch die Tatsache, daß bei starkem interdiurnen Feuchtigkeitsabfall der Luft eine Änderung der Tagesrhythmik dahingehend erfolgt, daß der elektr. Hautwiderstand nicht wie sonst vom Abend zum Morgen ansteigt, sondern abfällt.

Darüberhinaus ist bei VP 1 und VP 3 während des ganzen Versuchszeitraumes eine positive Korrelation zwischen dem elektr. Hautwiderstand und dem Luftfeuchtegehalt zu erkennen, bei VP 2 allerdings nur während der zweiten Hälfte der Versuchszeit. Damit wird die von BECKER und RUTENFRANZ gesehene Korrelation zwischen Äquivalenztemperatur (= Lufttemperatur + 2mm Hg Luftfeuchte) und elektr. Hautwiderstand bestätigt. Auch ROESNER-BLEY beobachtete einen Anstieg des elektr. Leitwertes bei trockener Kontinentalluft und ein Absinken desselben bei Tropik-Maritimluft.

Dieses Phänomen wurde in 5.2.2 mit einer Erhöhung bzw. Verminderung des Sympathikotonus zu begründen versucht. Als weitere Erklärung wäre folgender Regelmechanismus denkbar; Die durch die niedrige Luftfeuchte verstärkte Hautwasserabgabe geht mit einem erhöhten Wärmeverlust des Körpers einher. Dieser wird durch eine Steigerung des Grundumsatzes auszugleichen versucht, wobei vermehrt Stoffwechselabbauprodukte anfallen. Da diese bekanntlich zum Teil durch die Haut ausgeschieden werden, könnten sie dabei über eine Zunahme der Gewebsosmolarität sowohl den Hautturgor erhöhen als auch als Ladungsträger den elektrischen Leitwert der Haut vergrößern. Die Zunahme des Hautturgors hätte nach KELLER ihrerseits wieder zur Folge, daß durch die Druckerhöhung der Porenabstand der negativ geladenen Zellmembranen vergrößert wird und damit die Ionenpermeabilität der Haut zunimmt. Diese groben Hypothesen können jedoch keine befriedigende Erklärung für die angestellten Beobachtungen geben, da mit der angewandten Meßmethode keine spezifischen elektrische Reaktionsvorgänge erfaßt werden konnten.

5.4 Zur Algimetrie

5.4.1 Kritik der Methode

Die Meßung der Schmerzempfindlichkeit leidet vor allem an einer Beeinflussung durch die psychische Verfassung der Probanden. Bis heute ist es nicht gelungen, ein Meßgerät zur objektiven Bestimmung der Schmerzschwelle zu entwickeln. Deshalb erlaubt uns die hier angewandte Methode nicht, die durch die Luftfeuchte bedingten Änderungen der Schmerzempfindlichkeit allein mit mechanischen Vorgängen zu interpretieren, wir müssen vielmehr auch das subjektive Empfinden der Probanden berücksichtigen.

Ferner war es nicht möglich, während des gesamten Versuchszeitraumes von den gleichen Bedingungen auszugehen, da die Meßpunkte, vor allem die Tibiakante, durch die ständige Druckbelastung im Sinne einer Druckatrophie verändert wurden. Dies kam in der Kurve vom zeitlichen Verlauf der Schmerzschwelle bei allen drei VPn als steigender Trend deutlich zum Ausdruck.

5.4.2 Zu den Ergebnissen der Algimetrie

Die Untersuchung der Abhängigkeit der Schmerzschwelle von der Luftfeuchte ergab für VP 1 und VP 3 eine erhöhte Schmerzempfindlichkeit an Tagen mit niedriger Luftfeuchte und ein Absinken der Schmerzempfindlichkeit an Tagen mit einem hohen Luftfeuchtegehalt.

Damit ist die schon von BRUNNHÖLZL gemachte Beobachtung einer positiven Korrelation von Schmerzschwelle und Luftfeuchte bestätigt.

Die für diese Erscheinung von TREYDTE aufgestellte Erklärung, die das bei erhöhter Luftfeuchte beobachtete Indolentwerden auf eine vermehrte Durchfeuchtung und einen erhöhten Spannungszustand der Haut zurückführt, kann hier nicht übernommen werden, da die Versuche der Hautturgormessung und der Elektrodermatometrie ergaben, daß gerade an Tagen hoher Luftfeuchte der

Hautturgor und die Durchfeuchtung der Haut im Vergleich zu trockenen Tagen gering sind.

Nehmen wir an, daß der menschliche Organismus auf eine Erhöhung der Luftfeuchte mit einer Zunahme des Sympathikotonus reagiert, wie es THAUER und WEZLER postulieren, so könnte die Abnahme der Schmerzempfindlichkeit an Tagen hoher Luftfeuchte auf eine durch den Sympathikus bedingte Vasokonstriktion mit Minderdurchblutung der Schmerzrezeptoren, - ähnlich wie ein Indolentwerden bei Kälte, - zurückzuführen sein.

Obige Beobachtung trifft jedoch nicht für den intradiurnen Tagesgang zu. Hier zeigen alle drei VPn am Morgen, also zu einem Zeitpunkt hoher Luftfeuchte, eine größere Schmerzempfindlichkeit als am Abend, der meist trockener war als der Morgen. Da aber die intradiurnen Feuchteschwankungen im Vergleich zu den Feuchteschwankungen des gesamten Versuchszeitraumes klein waren, steht dies nicht im Widerspruch zu der oben gefundenen Gesetzmäßigkeit, es macht lediglich deutlich, daß außer der Luftfeuchte noch andere Faktoren die Schmerzempfindlichkeit beeinflussen müssen.

Von großer Bedeutung für die Schmerzempfindung ist, wie schon oben angedeutet, neben der rationalen (epikritischen) die emotionale (protopathische) Komponente. Bei dieser handelt es sich nach HENSEL um affektive Erlebnisse von Lust- und Unlustcharakter, die tief in den vitalen Bereich eingreifen. Da diese wiederum bekanntlich in hohem Maße von den klimatischen Verhältnissen beeinflußt werden, wäre es interessant zu untersuchen, inwiefern sich das Klima auf die Psyche des Menschen und damit auch auf seine Schmerzsensibilität auswirkt.

Der Tatsache, daß Schmerzen durch Angst- und Erwartungsspannung erheblich gesteigert und durch Gleichgültigkeit und Ablenkung herabgedämpft werden können, wurde zwar durch einen stets gleichbleibenden Tagesablauf weitgehend Rechnung getragen, sie sollte aber dennoch bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse mit berücksichtigt werden.

5.5 Zum Achillessehnenreflex

5.5.1 Kritik der Methode

Die hier angewandte Methode erlaubt keine Aussagen über Reizleitungsgeschwindigkeiten der afferenten und efferenten Nerven sowie über etwaige synaptische Verzögerungen zu treffen. Auch der zeitliche Ablauf der elektromechanischen Koppelung am Muskel kann mit den hier gewonnenen Daten nicht analysiert werden.

Die über den Photomotographen gewonnenen Kurven zeigen uns lediglich den Bewegungsablauf des Fußes vom Beginn des Hammerschlages bis zu seiner Rückkehr in die Ausgangslage nach dem Reflex.

Wir müssen uns auch darüber im klaren sein, daß die mit ASA-bezeichnete Reaktionszeit nicht die echte Reaktionszeit, d.h. der Zeitraum vom Beginn des Hammerschlages bis zur erfolgten Übertragung der motorischen Efferenz auf den Muskel darstellt, sondern noch den Zeitraum beinhaltet, bis zu welchem sich der Muskel um $1/5$ seiner Maximalkontraktion verkürzt hat. Abgesehen von der Lagerung des Fußes und der exakten Lokalisation des Hammerschlages bereitete die Versuchstechnik keinerlei Schwierigkeiten.

Die Kurven wurden mit einer Genauigkeit von 0,5 mm ausgemessen, das entspricht einer Zeitspanne von ± 5 Millisekunden. Da die Reaktionszeit sich aber nur in einem Bereich von 30 Millisekunden ändert, beträgt ihre Fehlerbreite somit rund 16,6 %.

Für die ASB- und die ASC-Zeit beträgt dagegen die Fehlerbreite nur ca. 5 %.

5.5.2 Zu den Ergebnissen des Achillessehnenreflexes

Der Achillessehnenreflex wurde, wie schon in 3.2.4 erwähnt, in drei Zeitabschnitte eingeteilt (Reaktionszeit ASA, Maximalkontraktionszeit ASB und Halbrelexationszeit ASC) und das Verhalten jedes dieser Zeitabschnitte während der 30 Versuchstage beobachtet.

Dabei fällt bei VP 1 und VP 2 im durchschnittlichen Tagesrhythmus eine Verkürzung aller drei Reflexzeiten, vor allem aber der ASA-Zeit, vom Morgen zum Abend hin auf. Für diese signifikante Erscheinung ließe sich eine Erklärung darin finden, daß die Kerntemperatur der VPn am Morgen niedriger ist als am Abend, was auf eine am Abend gesteigerte Stoffwechselaktivität mit Zunahme aller organischen Funktionen zurückzuführen ist. Gleichzeitig besteht aber auch eine positive Korrelation zur Luftfeuchte, denn auch sie weist im intradiurnen Verlauf ein Maximum am Morgen und ein Minimum am Abend auf.

Diese Wechselbeziehung wird noch bestärkt durch die Tatsache, daß die Reflexzeiten allgemein an Tagen hoher Luftfeuchte erhöht sind. Damit wirft sich aber eine neue Frage auf: Über welchen Mechanismus wirkt die Luftfeuchte auf das Reflexgeschehen, speziell des Achillessehnenreflexes, ein?

Sulmann sieht einen Zusammenhang zwischen dem Achillessehnenreflex und der Funktion der Schilddrüse in dem Sinne, daß kurze Halbrelexationszeiten auf eine erhöhte Schilddrüsenaktivität zurückzuführen sind. Die Hypothese wird in unserem Versuch erhärtet durch die Tatsache, daß VP 3 die kürzesten Reflexzeiten aufweist und tatsächlich Zeichen einer Hyperthyreose (feinschlägiger Tremor der Finger, hohe Pulsfrequenz, Agitiertheit) bietet.

Nehmen wir an, obiger Zusammenhang besteht tatsächlich, so bleibt immer noch die Frage offen, inwiefern ein hoher Luftfeuchtegehalt eine Verminderung der Schilddrüsenaktivität bewirkt und umgekehrt die Schilddrüse an Tagen niedriger

Luftfeuchte vermehrt arbeitet.

Eine Erklärung für diese Hypothese ließe sich darin finden, daß an Tagen mit niedriger Luftfeuchte die Hautwasserabgabe und damit der Wärmeverlust des Körpers zunimmt und somit die Schilddrüse über das Wärmeregulationszentrum zu vermehrter Aktivität veranlaßt wird, was wiederum eine Steigerung des gesamten Stoffwechsels mit erhöhter Wärmeproduktion zu Folge hat.

6 ZUSAMMENFASSUNG

1. Drei männliche Versuchspersonen wurden 30 Tage lang bei Tag und Nacht in einem Bioklimaraum bei annähernd konstanter Raumtemperatur mehrmaligen Luftfeuchteänderungen ausgesetzt. Die Raumtemperatur lag dabei bei 21 - 22 C, das Feuchteminimum betrug 4,6 Torr, das Feuchtemaximum 18,6 Torr.
2. Dabei wurden täglich zu konstanten Zeiten fünfmal der Hautturgor, die elektr. Leitfähigkeit der Haut, die Schmerzempfindlichkeit und der Achillessehnenreflex gemessen und auf ihre Abhängigkeit in Bezug auf die Luftfeuchte untersucht.
3. Die Untersuchung über das Verhalten des Hautturgors ergab bei VP 1 und VP 3 eine Wechselbeziehung zur Luftfeuchte in dem Sinne, daß an Tagen hoher Luftfeuchte der HTU niedriger war als an trockenen Tagen.
4. Die elektr. Leitfähigkeit der Haut nahm bei VP 1 und VP 3 an Tagen hoher Luftfeuchte ab, an trockenen Tagen zu. VP 2 folgte nur zeitweise dieser Gesetzmäßigkeit. Dagegen zeigten alle drei VPn einen einheitlichen durchschnittlichen Tagesrhythmus mit einem maximalen Leitwert am Spätnachmittag und einen maximalen Hautwiderstand am Morgen und Mittag.
5. Bezüglich der Schmerzschwelle zeigen VP 1 und VP 3 eine positive Korrelation zur Luftfeuchte, d.h. sie sind an Tagen hoher Luftfeuchte schmerzunempfindlicher als an trockenen Tagen. Die Schmerzschwelle zeigt bei allen drei VPn einen steigenden Trend.
6. Der Achillessehnenreflex wurde in drei Zeiten aufgegliedert: (Reaktionszeit ASA, Maximalkontraktionszeit ASB und Halbrelaxationszeit ASC).
Das Verhalten der ASA-Zeit ergab bei VP 2 und VP 3 eine Korrelation zur Luftfeuchte dahingehend, daß sie an trockenen Tagen abnahm.
Die ASB-Zeit nahm bei allen drei VPn an feuchten Tagen zu,

an trockenen Tagen ab.

Dagegen reagierten nur VP 1 und VP 3 während der ersten Hälfte des Versuchszeitraumes auf eine Erhöhung der Luftfeuchte mit einer Zunahme der ASC-Zeit.

7. Die drei VPn zeigen in allen vier Untersuchungen unterschiedliche Reaktionen auf die Feuchteänderungen der Luft; dabei weisen jedoch VP 1 und VP 3 große Ähnlichkeiten auf, vor allem im Verhalten des Hautturgors, der Elektrodermatometrie und der Algimetrie.

Literatur-Verzeichnis

Becker und Rutenfranz

zit. nach

Ph. Keller:

Elektrophysiologie der Haut, in
Machionini u. Spier
Handbuch der Haut- u. Geschlechts-
krankheiten
Bd. I/Teil 3
Springer-Verlag Berlin (1963)

K. Brunnhölzl:

Über die Schmerzempfindlichkeit u.
die kapillare Rückflußzeit nach
künstlicher Anämie unter verschiede-
nen meteorologischen Einflüssen
Diss. München, 1952

H. Hensel:

Somato-viszerale Sensibilität
in W.D. Keidel, Lehrbuch der Physio-
logie
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1967)

H. Regelsberger:

Das Elektrodermatogramm und seine
Messung
Med. Klinik 44, 817-825 (1942)

H. Reinders:

Mensch und Klima
VDI-Verlag Düsseldorf (1969)

- H. Roesner-Bley: Vergleichende Untersuchungen über Wettereinflüsse auf das Befinden und auf physiologische Meßgrößen bei Kurgästen in verschiedenen bayerischen Kurorten an Hand von Temperatur und Feuchte, sowie des Wetterphasenschemas der Bad Tölzer Arbeitsmethode
Med. Dissertation, München 1968
- K. Treydte: Erprobung einiger psychophysischer Testmethoden als Hilfsmittel für Langzeitversuche im künstlich gesteuerten Klima
Med. Dissertation, München 1971
- K. Wezler u. R. Thauer: Wärmeregulatorische Umstellung des Organismus bei wechselnden Klimabedingungen
Luftfahrtmedizin 8, 224-241 (1942)

Für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Abfassung dieser Arbeit danke ich besonders Herrn Diplom-Physiker Karl Dirnagl, Herrn Professor Dr. med. Heinrich Drexel und Herrn Diplom-Chemiker Dr. Helmut Pratzel.

Nicht zuletzt danke ich auch meinen Mit-Doktoranden Rudolf Forstner, Helmut Hühne, Jesurai Mascarenhas und Rainer Paeschke für ihre gute, kameradschaftliche Zusammenarbeit.

Lebenslauf

Am 8. November 1947 wurde ich, Franz-Xaver Hoffmann, als zweites Kind des Drogisten Walter Hoffmann und dessen Ehefrau Elfriede, geb. Nitsche, in Bad Tölz geboren. Meine Schulausbildung schloß ich im Juli 1967 an der Oberrealschule Bad Tölz mit dem Abitur ab.

Mein Studium begann ich zum Wintersemester 1967/68 an der Medizinischen Fakultät der Universität München, wo ich auch März 1970 das Physikum ablegte und im Juni 1973 mein Studium mit dem Staatsexamen beendete.

